COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

IMPRIMERIE DE BACHELIER,
rue du Jardinet, 12.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

En date du 13 Juillet 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME HUITIÈME.

JANVIER—JUIN 1839.

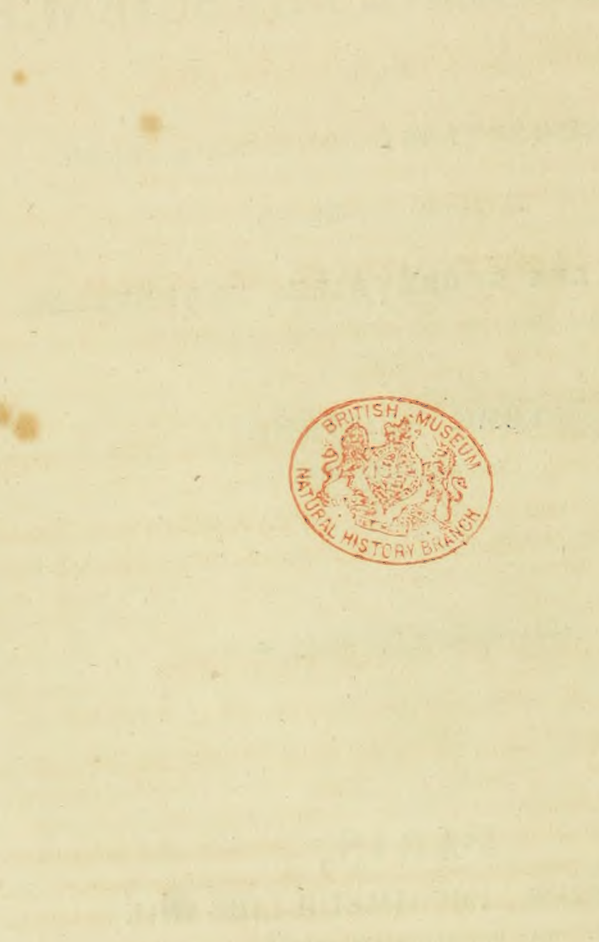


PARIS,

BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

1839


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY BRANCH

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JANVIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

RENOUVELLEMENT ANNUEL DU BUREAU.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'un Vice-Président pour l'année 1839.

Le nombre des votants est de 48.

M. Poisson réunit 33 suffrages; M. de Freycinet 11; MM. Coriolis, Mathieu, Poinsot, Savary, chacun 1.

M. **Poisson** est en conséquence proclamé Vice-Président pour l'année 1839. M. **Chevreul**, Vice-Président pendant l'année 1838, passe aux fonctions de Président.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Réclamation de M. **Biot** *contre une irrégularité* (1) *du* Compte rendu *de la séance précédente.*

« Le *Compte rendu* de la dernière séance présente une irrégularité qu'il m'est pénible, et toutefois indispensable, de faire remarquer.

» Au premier rang des mémoires des académiciens, il s'en trouve un

---

(1) Un de MM. les Secrétaires perpétuels, M. Flourens, fait remarquer que ce que M. Biot appelle une *irrégularité*, savoir, l'insertion d'une Note au *Compte rendu*,

qui n'a pas été lu, mais seulement annoncé par son titre, parmi les articles de correspondance, quoiqu'il vînt d'un membre présent. Le dernier paragraphe, tout-à-fait étranger au sujet du Mémoire et à son titre, est une attaque personnelle dirigée contre moi, sans que j'aie eu la faculté de la repousser.

» M. Puissant avait inexactement démontré une formule de réfractions, qu'il avait empruntée à M. Plana, sans exprimer ouvertement qu'elle était de ce géomètre; et il en tirait des explications très étendues que, selon moi, elle ne comporte point. Ne voulant point dévoiler cette origine, plus qu'il ne l'avait fait lui-même, je m'étais borné à dire qu'*ainsi présentée, la formule était hors de toute théorie;* et ailleurs, que l'expression adoptée par M. Puissant, d'après ses raisonnements que je rapporte quelques lignes plus haut, était sans fondement théorique. Alors, détournant le sens direct de mes expressions, M. Puissant s'est efforcé de les rejeter sur M. Plana; et, pour me servir de ses propres termes, il *a feint de croire* que c'est M. Plana que j'avais voulu, ou que j'aurais dû critiquer. Mais j'ai déjà certifié à M. Puissant que les mots rappelés par lui s'appliquent exclusivement à sa démonstration, et non pas à celle de M. Plana qui est exacte; sauf que je ne puis pas y voir, comme M. Puissant, *une rectification* de M. Laplace, dont elle est le résultat même avec d'autres lettres. Je n'ai donc pas reconnu, comme il le dit aujourd'hui, *mon erreur,* puisque je ne l'avais pas commise; et je le défie de citer, dans mes diverses communications, une seule ligne qui ait ce sens. Si, faute de comprendre ce que j'ai tant de fois affirmé, M. Puissant m'oblige à répéter cette dénégation de deux séances l'une, il n'est pas en mon pouvoir de la lui éviter.

» La profonde répugnance que j'éprouve pour ces misérables querelles, m'avait empêché de réclamer, au moment même de l'annonce, contre l'insertion au *Compte rendu* d'un Mémoire qui n'avait pas été lu, ni même exposé verbalement. Mais la forme insolite employée pour sa présentation

---

sans que cette Note ait été lue, est, au contraire, d'usage constant, toutes les fois que la Note a été présentée à l'Académie, et que l'auteur, en la présentant, en a demandé la publication.

C'est là une faculté que l'Académie a laissée jusqu'ici à ses membres, et dont M. Biot a usé lui-même plus d'une fois.

Quant aux corrections opérées pendant l'impression, M. Flourens répond que MM. les Secrétaires s'en sont toujours rapportés, en pareil cas, à la bonne foi des auteurs, et qu'ils n'ont jamais cru devoir s'opposer à ce que ces auteurs corrigeassent eux-mêmes les erreurs ou inadvertances qui pouvaient s'être glissées dans leurs travaux, et dont ils s'apercevaient pendant l'impression.

m'avait fait jeter les yeux sur le manuscrit lorsqu'il fut déposé. J'y vis une démonstration algébrique, dont je dirais au besoin le sujet, la forme, les lettres. Elle me parut inexacte : c'est sans doute celle que l'auteur de l'article imprimé annonce devoir donner ailleurs. Croyant du reste apercevoir que rien ne m'y désignait spécialement, je jugeai ne devoir pas m'occuper de cette communication. Mais telle qu'on l'a maintenant imprimée, je ne pouvais la passer sous silence. Comment, et sous quelle autorisation, des changements ont-ils été faits, je l'ignore. Le texte original déposé sur le bureau, et que je reconnaîtrais facilement s'il m'était présenté, n'est pas rentré au secrétariat; et la première épreuve corrigée par l'auteur ne s'est pas retrouvée à l'imprimerie. Ce sont là, ce me semble, des abus que l'on devrait désormais empêcher de se reproduire, car ils sont contraires à toute équité. »

Réplique de M. **Puissant.**

« En l'absence d'une jurisprudence écrite sur la publication des *Comptes rendus* des séances de l'Académie, j'ai cru avoir d'autant plus le droit de modifier un passage de ma dernière Note sur l'*application du calcul des probabilités à une question de géodésie*, que je n'ai pas lu ce passage en séance publique, et que je savais très bien que plusieurs de mes honorables confrères, notamment M. Biot, en avaient agi ainsi en plusieurs circonstances. J'ai pensé de plus que je pouvais, à un calcul qui manquait de clarté et de précision, faute de développement et de temps nécessaires, substituer une phrase propre à rappeler un fait *positif* ayant un rapport intime avec la solution contenue dans ma Note. Voici, au reste, le passage modifié (p. 1134) : « L'expression du coefficient de la réfraction » terrestre dont j'ai fait usage, etc. . . . . »

« Je ne saurais me dispenser maintenant de citer les deux phrases suivantes de M. Biot, qui m'ont suggéré ce passage, savoir : 1° (p. 864) » que l'expression adoptée par l'auteur (M. Puissant), c'est-à-dire le facteur $1 - bl$ étant sans fondement théorique, on ne peut en admettre » l'usage comme légitime, etc. » ;

» 2° (p. 1042) « que ce même facteur est égal au coefficient arbitraire i » de M. Laplace, et de même nature que le c' de M. Plana ; en sorte que, » sauf ce changement de lettres, il y a entre ces deux formules une par- » faite identité, etc., etc. »

» Ainsi, dans la séance du 10 novembre, M. Biot m'attribue l'introduction *empirique* de la constante $-b$ dans la formule de réfraction

terrestre de l'auteur de la *Mécanique céleste*, et par une fausse interprétation de mes remarques et de mes calculs, il trouve qu'elle conduit à des résultats contradictoires. Dans la séance suivante, notre confrère reconnaît au contraire que l'introduction de cette même constante est due à M. Plana, et qu'elle est conforme aux principes d'une saine physique, puisqu'il dit (p. 1040) « que la voie de calcul de cet astronome est » un peu longue et détournée, mais exacte. »

» Voilà en peu de mots quelles sont les observations que j'avais à faire au sujet de la réclamation de M. Biot. Lorsque l'Académie aura adopté un réglement sur la publication dont il s'agit ; réglement qu'une Commission est chargée de lui proposer, je me ferai un devoir de m'y conformer. »

M. **Biot** présente de vive voix quelques remarques sur la réplique de M. *Puissant*, et annonce qu'il les consignera dans une Note écrite, pour qu'elles puissent paraître dans le prochain *Compte rendu*.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Fixation des images qui se forment au foyer d'une chambre obscure.*

M. **Arago** prend la parole pour donner verbalement à l'Académie une idée générale de la belle découverte que M. *Daguerre* a faite, et sur laquelle la majeure partie du public n'a eu jusqu'ici que des notions erronées.

Tout le monde, dit M. *Arago*, connaît l'appareil d'optique appelé chambre obscure ou chambre noire, et dont l'invention appartient à *J.-B. Porta*; tout le monde a remarqué avec quelle netteté, avec quelle vérité de formes, *de couleur* et de ton, les objets extérieurs vont se reproduire sur l'écran placé au foyer de la large lentille qui constitue la partie essentielle de cet instrument; tout le monde après avoir admiré ces images, s'est abandonné au regret qu'elles ne pussent pas être conservées.

Ce regret sera désormais sans objet : M. *Daguerre* a découvert des écrans particuliers sur lesquels l'image optique laisse une empreinte parfaite ; des écrans où tout ce que l'image renfermait se trouve reproduit jusque dans les plus minutieux détails, avec une exactitude, avec une finesse incroyables. En vérité, il n'y aurait pas d'exagération à dire que l'inventeur a découvert les moyens de *fixer les images*, si sa méthode conservait les couleurs; mais, il faut s'empresser de le dire pour détromper une partie du public, il n'y a dans les tableaux, dans les copies de M. *Daguerre*, comme dans un dessin au crayon noir, comme dans une gravure au

burin, ou, mieux encore (l'assimilation sera plus exacte), comme dans une gravure à la manière noire ou à *l'aquatinta*, que du blanc, du noir et du gris, que de la lumière, de l'obscurité et des demi-teintes. En un mot, dans la chambre noire de M. *Daguerre*, la lumière reproduit elle-même les formes et les proportions des objets extérieurs, avec une précision presque mathématique; les rapports photométriques des diverses parties blanches, noires, grises, sont exactement conservés; mais des demi-teintes représentent le rouge, le jaune, le vert, etc., car la méthode crée des dessins et non des tableaux en couleur.

Les principaux produits de ses nouveaux procédés que M. *Daguerre* a mis sous les yeux de trois membres de l'Académie, MM. *de Humboldt*, *Biot* et *Arago*, sont une vue de la grande galerie qui joint le Louvre aux Tuileries; une vue de la Cité et des tours de *Notre-Dame;* des vues de la Seine et de plusieurs de ses ponts, des vues de quelques-unes des barrières de la capitale. Tous ces tableaux supportent l'examen à la loupe, sans rien perdre de leur pureté, du moins pour les objets qui étaient immobiles pendant que leurs images *s'engendraient*.

Le temps nécessaire à l'exécution d'une vue, quand on veut arriver à de grandes vigueurs de ton, varie avec l'intensité de la lumière et, dès-lors, avec l'heure du jour et avec la saison. En été et en plein midi, huit à dix minutes suffisent. Dans d'autres climats, en Égypte, par exemple, on pourrait probablement se borner à deux ou trois minutes.

Le procédé de M. *Daguerre* n'a pas seulement exigé la découverte d'une substance plus sensible à l'action de la lumière que toutes celles dont les physiciens et les chimistes se sont déjà occupés. Il a fallu trouver encore le moyen de lui enlever à volonté cette propriété; c'est ce que M. *Daguerre* a fait: ses dessins, quand il les a terminés, peuvent être exposés en plein soleil sans en recevoir aucune altération.

L'extrême sensibilité de la préparation dont M. Daguerre fait usage, ne constitue pas le seul caractère par lequel sa découverte diffère *des essais imparfaits* auxquels on s'était jadis livré pour dessiner *des silhouettes* sur une couche de *chlorure d'argent*. Ce sel est blanc, la lumière le noircit, la partie blanche des images passe donc au noir, tandis que les portions noires, au contraire, restent blanches. Sur les écrans de M. Daguerre, le dessin et l'objet sont tout pareils : le blanc correspond au blanc, les demi-teintes aux demi-teintes, le noir au noir.

M. *Arago* a essayé de faire ressortir tout ce que l'invention de M. *Daguerre* offrira de ressources aux voyageurs, tout ce qu'en pourront tirer aujourd'hui, surtout, les sociétés savantes et les simples particuliers qui

s'occupent avec tant de zèle de la représentation graphique des monuments d'architecture répandus dans les diverses parties du royaume. La facilité et l'exactitude qui résulteront des nouveaux procédés, loin de nuire à la classe si intéressante des dessinateurs, leur procurera un surcroît d'occupation. Ils travailleront certainement moins en plein air, mais beaucoup plus dans leurs ateliers.

Le nouveau réactif semble aussi devoir fournir aux physiciens et aux astronomes des moyens d'investigation très précieux. A la demande des Académiciens déjà cités, M. *Daguerre* a jeté l'image de la Lune, formée au foyer d'une médiocre lentille, sur un de ses écrans, et elle y a laissé une empreinte blanche évidente. En faisant jadis une semblable expérience avec le chlorure d'argent, une Commission de l'Académie composée de MM. *Laplace*, *Malus* et *Arago*, n'obtint aucun effet appréciable. Peut-être l'exposition à la lumière ne fut-elle pas assez prolongée. En tout cas, M. *Daguerre* aura été le premier à produire une modification chimique sensible à l'aide des rayons lumineux de notre satellite.

L'invention de M. *Daguerre* est le fruit d'un travail assidu de plusieurs années, pendant lesquelles il a eu pour collaborateur son ami, feu M. *Niepce*, de Châlons-sur-Saône. En cherchant comment il pourrait être dédommagé de ses peines et de ses dépenses, ce peintre distingué n'a pas tardé à reconnaître qu'un brevet d'invention ne le conduirait pas au but: une fois dévoilés, ses procédés seraient à la disposition de tout le monde. Il semble donc indispensable que le Gouvernement dédommage directement M. *Daguerre* et que la France, ensuite, dote noblement le monde entier d'une découverte qui peut tant contribuer aux progrès des arts et des sciences. M. *Arago* annonce qu'il adressera à ce sujet une demande au Ministère ou aux Chambres, dès que M. *Daguerre*, qui a proposé de l'initier à tous les détails de sa méthode, lui aura prouvé qu'aux admirables propriétés dont les résultats obtenus sont une manifestation si éclatante, cette méthode joint, comme l'annonce l'inventeur, le mérite d'être économique, d'être facile, de pouvoir être employée en tout lieu par les voyageurs.

« M. Biot déclare s'associer complétement à l'exposition que M. Arago vient de faire des étonnants résultats obtenus par M. Daguerre. Ayant eu plusieurs fois l'avantage de les voir, et d'entendre M. Daguerre raconter quelques-unes des nombreuses expériences qu'il a faites sur la sensibilité optique de la préparation qu'il est parvenu à composer, M. Biot pense avec M. Arago qu'elle fournira des moyens aussi nouveaux que désirables pour étudier les propriétés d'un des agents naturels qu'il nous importe

le plus de connaître et que jusqu'ici nous avions si peu de moyens de soumettre à des épreuves indépendantes de nos sensations. Et il ne peut exprimer mieux sa pensée sur cette invention qu'en la comparant à une rétine artificielle mise par M. Daguerre à la disposition des physiciens. »

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction de la lumière; par* M. **Augustin Cauchy.**

DEUXIÈME PARTIE. — *Application des principes exposés dans la première partie à la théorie de la lumière.*

« Les principes que nous avons exposés dans la première partie de notre Mémoire peuvent être facilement appliqués à la théorie de la lumière. En effet, dans le système des ondulations, les phénomènes lumineux résultent de la propagation des mouvements vibratoires produits à un instant donné en un ou plusieurs points d'un fluide lumineux ou éther, dont les molécules, répandues dans le vide et dans les corps eux-mêmes, agissent les unes sur les autres à de très petites distances. La distribution de ces molécules dans un milieu donné peut varier d'ailleurs avec la nature de ce milieu. Cette distribution, autour d'un point donné, est, dans un milieu homogène, supposée indépendante de la position du point que l'on considère; mais elle peut n'être pas la même dans les différentes directions : ainsi, en particulier, la condensation ou dilatation linéaire du fluide éthéré peut varier, même dans un milieu homogène, lorsqu'on passe d'une direction à une autre. Cela posé, considérons un système de molécules d'éther renfermées dans un milieu homogène. Les vibrations excitées à un instant donné en un point de ce système, se propageront autour de ce point, et donneront naissance à des ondes terminées par des surfaces qui seront sphériques, si la propagation du mouvement s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois. A des distances considérables du centre de vibration, chacune des surfaces dont il s'agit, prise dans une étendue finie, se confondra sensiblement avec son plan tangent, et les vibrations des diverses molécules qu'elle renfermera seront sensiblement les mêmes au même instant. D'ailleurs il est naturel de penser que, dans le mouvement vibratoire, l'œil appréciera surtout la direction de la surface des ondes, c'est-à-dire de son plan tangent, ou, ce qui revient au même, la direction de la normale à cette surface, et que nous serons portés à regarder le centre des vibrations comme situé sur cette normale. Toutefois on ne doit pas confondre cette normale avec ce qu'on est convenu d'appeler le rayon lumineux, dans le système des ondulations. En effet,

suivant la définition adoptée par Huygens et Fresnel, la *direction du rayon lumineux*, en chaque point de la surface des ondes, n'est autre chose que la direction du rayon vecteur mené du centre des vibrations au point dont il s'agit. Or ce rayon vecteur ne sera généralement normal à la surface des ondes que dans le cas où cette surface deviendra sphérique; ce qui arrivera nécessairement, si, dans le milieu donné, la lumière se propage en tous sens suivant les mêmes lois.

» Il est bon d'observer que, parmi les lois des phénomènes lumineux, les plus importantes sont les lois générales qui subsistent, quelque faible que soit l'intensité de la lumière. Pour obtenir ces lois, il suffit de considérer dans l'éther des vibrations dont les amplitudes soient infiniment petites, et par conséquent des mouvements infiniment petits. Les ondes que ces mouvements produiront seront d'ailleurs terminées par des surfaces qui, à de grandes distances des centres de vibration, pourront, ainsi qu'on l'a dit, être, sans erreur sensible, considérées comme des surfaces planes.

» Parmi les mouvements infiniment petits qui produisent des ondes terminées par des surfaces planes, on doit surtout distinguer ceux qui ont été désignés, dans la première partie de ce Mémoire, sous le nom de *mouvements simples* ou *élémentaires*, et qui, superposés les uns aux autres en nombre fini ou infini, peuvent donner naissance à toutes sortes de mouvements infiniment petits. Dans chaque mouvement simple, les déplacements d'une molécule d'éther, mesurés parallèlement à trois axes coordonnés rectangulaires, ou même parallèlement à un axe fixe quelconque, seront les parties réelles d'expressions imaginaires, toutes proportionnelles à une exponentielle qui aura pour base la base des logarithmes népériens, et pour exposant une fonction linéaire du temps et des coordonnées sans terme constant. Le coefficient de $\sqrt{-1}$ dans cet exposant, sera l'*argument* du mouvement simple; et, en remplaçant ce même exposant par sa partie réelle, on réduira l'exponentielle dont il s'agit à ce que nous appelons le *module* du mouvement simple. Cela posé, le déplacement d'une molécule, mesuré parallèlement à un axe fixe, sera le produit du module multiplié par un coefficient constant et du cosinus de l'angle qu'on obtient en ajoutant à l'argument un paramètre constant, désigné sous le nom de *paramètre angulaire*. Dans la théorie de la lumière, le module d'un mouvement simple est indépendant du temps; d'où il résulte que les courbes décrites par les diverses molécules sont des courbes fermées, rentrantes sur elles-mêmes, et comprises dans des plans parallèles à un *plan invariable* mené par l'origine des coordonnées. Le

temps qu'emploie une molécule à parcourir la courbe qu'elle décrit, est la *durée* d'une vibration moléculaire, et cette durée, de laquelle dépend la nature de la couleur, a pour mesure le rapport du nombre 2π au coefficient du temps dans l'argument. De plus, le déplacement moléculaire, mesuré parallèlement à un axe fixe, s'évanouit à un instant donné pour toutes les molécules renfermées dans des plans équidistants, tous parallèles à un *second plan invariable;* et ces plans équidistants divisent le système des molécules éthérées en tranches qui, prises consécutivement et deux à deux, composent ce qu'on appelle des *ondes lumineuses planes*, la double épaisseur d'une tranche étant l'*épaisseur d'une onde*, ou la *longueur d'une ondulation lumineuse.* Ces ondes se propagent dans le système des molécules éthérées avec une *vitesse de propagation* équivalente au rapport entre la longueur d'une ondulation et la durée d'une vibration lumineuse. Enfin, le module du mouvement simple peut être dépendant ou indépendant des coordonnées. Dans le premier cas, il se réduit à l'unité, et le milieu dans lequel vibre l'éther est un milieu *transparent*, qui n'absorbe pas la lumière. Alors aussi le mouvement simple devient un mouvement *elliptique*, dans lequel toutes les molécules d'éther décrivent des ellipses pareilles les unes aux autres, et l'*amplitude* d'une vibration moléculaire est le grand axe de l'ellipse décrite par chaque molécule. Dans certains cas, cette ellipse se réduit à un cercle ou à une droite, et par suite, le mouvement elliptique se transforme en un mouvement *circulaire* ou *rectiligne*, l'amplitude des vibrations étant le diamètre du cercle qu'une molécule décrit, ou la portion de droite qu'elle parcourt. Lorsque le module du mouvement simple, au lieu de se réduire à l'unité, restera variable avec les coordonnées, les courbes décrites par les diverses molécules cesseront, en général, d'être des ellipses, et sans aucun doute, les dimensions de ces courbes décroîtront indéfiniment, tandis que l'on s'éloignera dans un certain sens d'un *troisième plan invariable.* Alors le milieu qui renfermera les molécules d'éther sera *opaque*, ou du moins il *absorbera* plus ou moins complétement la lumière. Le troisième plan invariable pourra n'être autre chose que la surface même de ce milieu ou de ce corps opaque, supposée plane; et, comme l'exposant du module sera proportionnel à la distance d'une molécule à cette surface, il est clair que les déplacements *maxima* des molécules décroîtront en progression géométrique, tandis que les distances à la surface croîtront en progression arithmétique.

» Concevons maintenant que le milieu qui renferme les molécules éthé-

rées soit du nombre de ceux dans lesquels la lumière se propage en tous sens suivant les mêmes lois. Si d'ailleurs ce milieu est transparent et n'absorbe pas la lumière, alors, non-seulement la vitesse de propagation des ondes planes sera indépendante de la direction des plans qui les termineront, ou, ce qui revient au même, de la direction du second plan invariable; et par suite, la surface des ondes étant une surface sphérique, la direction du rayon lumineux sera normale à cette surface; mais de plus, le premier plan invariable se confondra toujours avec le second, et, par conséquent, les vibrations des molécules éthérées resteront comprises dans des plans parallèles à ceux qui terminent les ondes planes, ou, ce qui revient au même, dans des plans perpendiculaires aux directions des rayons lumineux.

» Nous dirons qu'un rayon lumineux est un *rayon simple*, lorsque les vibrations des molécules éthérées seront celles que présente un mouvement simple. Ce qui constitue le mode de *polarisation* d'un rayon simple, c'est la nature de la courbe décrite par chaque molécule. Dans un milieu parfaitement transparent et qui, par conséquent, n'absorbe pas la lumière, cette courbe sera toujours une ellipse, un cercle ou une droite, et la polarisation du rayon simple sera *elliptique* dans le premier cas, *circulaire* dans le second, *rectiligne* dans le troisième. Au reste, ces trois modes de polarisation peuvent aussi se présenter dans un milieu qui absorbe la lumière, lorsque la ligne décrite par chaque molécule est renfermée dans un plan parallèle au troisieme plan invariable, c'est-à-dire, en d'autres termes, lorsque le troisième plan invariable se confond avec le premier. Dans le cas particulier où la polarisation d'un rayon lumineux est rectiligne, le *plan de ce rayon* et *son plan de polarisation* sont deux plans rectangulaires entre eux, qui passent par la direction du rayon, et dont le premier contient en outre les directions des vibrations moléculaires. Alors aussi, on dit que le rayon est *renfermé* dans le premier plan et *polarisé* dans le second. Cela posé, on reconnaîtra sans peine que dans un milieu parfaitement transparent, et où la propagation de la lumière s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois, tout rayon simple, polarisé soit elliptiquement, soit circulairement, peut être considéré comme résultant de la superposition de deux rayons simples polarisés en ligne droite et renfermés dans deux plans perpendiculaires l'un à l'autre.

» Pour plus de précision, nous distinguerons dans un rayon lumineux : 1° sa direction, c'est-à-dire la droite sur laquelle se trouvaient primitivement situées les molécules dont il se compose; 2° sa forme qui, d'abord

rectiligne, varie avec le temps, et n'est autre que la forme de la courbe tracée à chaque instant dans l'espace par le système de ces molécules. Dans un rayon simple, polarisé circulairement ou elliptiquement, la courbe dont il s'agit sera une espèce d'*hélice* ou de spirale à double courbure. Mais cette hélice ou spirale se changera en une *courbe plane*, si le rayon est polarisé en ligne droite, et pour cette raison nous dirons alors que le rayon donné est un *rayon plan*. Dans un semblable rayon, considéré à une époque quelconque du mouvement, quelques molécules conserveront leurs positions primitives, c'est-à-dire les positions qu'elles occupaient dans l'état d'équilibre; les autres s'en écarteront à droite et à gauche; et le rayon, semblable à une corde vibrante, prendra la forme d'une ligne sinueuse, composée d'arcs alternativement situés de part et d'autre de sa direction primitive. Les *nœuds du rayon*, comme ceux d'une corde vibrante, seront à chaque instant, les points où les molécules conserveront ou reprendront leurs positions initiales. Seulement ces nœuds, qui sont fixes dans une corde vibrante, se déplaceront d'un instant à l'autre dans le rayon lumineux. Ces nœuds seront d'ailleurs de deux espèces, chaque nœud étant de première ou de seconde espèce, suivant que les molécules desquelles il s'approchera, en se déplaçant dans l'espace, se trouveront situées d'un côté ou de l'autre, par rapport à la direction primitive du rayon. Si le milieu donné est du nombre de ceux dans lesquels la propagation de la lumière se propage en tous sens suivant les mêmes lois, et si d'ailleurs ce milieu est parfaitement transparent, l'épaisseur d'une onde plane, ou la longueur d'une ondulation lumineuse, ne sera autre chose que la distance entre deux nœuds de même espèce, et la vitesse de propagation avec laquelle chaque nœud se déplacera, en passant d'une molécule à une autre, sera ce qu'on nomme la *vitesse de propagation de la lumière*. Si le milieu donné ne remplit pas les conditions énoncées, l'épaisseur d'une onde plane ne sera plus la distance entre deux nœuds de même espèce du rayon lumineux, mais la projection de cette distance sur une droite perpendiculaire aux plans des ondes; alors aussi la vitesse de propagation des ondes planes restera distincte de la vitesse avec laquelle se déplacera chaque nœud du rayon, et sera la projection de cette dernière vitesse sur la droite dont il s'agit.

» Puisque, dans les corps parfaitement transparents, le module d'un mouvement simple se réduit à l'unité, il est clair que, dans ces corps, le déplacement d'une molécule éthérée, produit par un mouvement simple, et mesuré parallèlement à un axe fixe, a pour expression l'amplitude des

vibrations parallèles à cet axe, multipliée par le cosinus de l'angle variable que l'on obtient, en ajoutant à l'argument du mouvement simple un paramètre constant. Ce paramètre, que nous avons nommé paramètre angulaire, peut changer ou non de valeur avec la direction de l'axe fixe, suivant que le rayon donné est ou n'est pas polarisé en ligne droite. Si l'on considère un rayon simple quelconque, dont la polarisation soit elliptique, ou circulaire, ou rectiligne, comme résultant de la superposition de deux autres rayons simples polarisés en ligne droite dans deux plans rectangulaires entre eux, l'amplitude des vibrations ainsi que le paramètre angulaire changera généralement de valeur quand on passera d'un rayon simple à l'autre; et ce paramètre, pour chacun des deux rayons composants, sera le complément d'un angle mesuré par le produit de deux facteurs, dont l'un représentera la distance de l'un des nœuds du rayon au second plan invariable, tandis que l'autre facteur représentera, dans l'argument du mouvement simple, le coefficient de la distance d'une molécule au même plan. Les deux paramètres angulaires, relatifs aux deux rayons composants, devront être égaux ou offrir pour différence un multiple du nombre π, si le rayon résultant est polarisé en ligne droite. Alors les deux rayons composants offriront les mêmes nœuds, les nœuds de première espèce de l'un pouvant coïncider avec les nœuds de première ou de seconde espèce de l'autre. Si d'ailleurs on suppose que, dans le milieu donné, la propagation de la lumière s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois, le plan de polarisation du rayon résultant formera, avec les plans de polarisation des rayons composants, des angles dont les tangentes trigonométriques seront les rapports direct et inverse de l'amplitude des vibrations de l'un à l'amplitude des vibrations de l'autre. Le rayon résultant sera polarisé circulairement, si les amplitudes des vibrations moléculaires sont les mêmes dans les deux rayons composants, et si de plus les paramètres angulaires diffèrent dans ces deux rayons ou d'un angle droit représenté par $\frac{1}{2}\pi$ ou d'un multiple de cet angle, en sorte que la distance entre deux nœuds consécutifs, appartenant à l'un et à l'autre rayon, soit précisément le quart de la longueur d'une ondulation lumineuse.

» Concevons à présent que des rayons simples, en nombre quelconque fini ou infini, soient superposés les uns aux autres. Cette superposition donnera naissance à un rayon résultant qui cessera généralement d'offrir, même dans un milieu parfaitement transparent, la polarisation elliptique, ou circulaire, ou rectiligne. On doit toutefois excepter certains cas particuliers

où le mode de polarisation du rayon résultant sera facile à prévoir. Ainsi, par exemple, si les rayons composants sont tous polarisés en ligne droite et renfermés dans un même plan, les vibrations des molécules éthérées, dans le rayon résultant, seront constamment dirigées suivant des droites que renfermera encore le plan dont il s'agit, et par suite le rayon résultant, sans être un rayon simple, pourra encore être désigné sous le nom de rayon plan, ou polarisé en ligne droite. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Fragments sur les organes de la respiration dans les animaux vertébrés; par* M. **Duvernoy**.

Ier Extrait. — *Structure des poumons dans les Mammifères.*

« Une année entière passée à faire les recherches les plus suivies sur la *structure des organes de la respiration*, ou *sur le mécanisme annexé à ces organes*, a pu me conduire à des résultats qui ne seront peut-être pas sans intérêt pour la science; soit qu'ils confirment des faits encore en litige, soit qu'ils comprennent des observations nouvelles, soit qu'une logique sévère puisse en déduire un certain nombre de propositions plus ou moins importantes.

» En attendant que l'impression du t. VI des *Leçons d'Anatomie comparée*, qui se suit enfin avec activité, depuis ma présence à Paris, et dans lequel ces différents résultats seront publiés, soit terminée, je me ferai un devoir de les communiquer successivement à l'Académie, chaque fois qu'elle voudra bien m'entendre. Elle sera à même de juger par-là des progrès que mes recherches peuvent avoir fait faire à la science de l'organisation des animaux.

» Ce sera d'ailleurs un moyen de montrer les soins que je me suis donnés pour remplir, aussi bien qu'il était en mon pouvoir, la tâche difficile dont M. Cuvier m'avait chargé, celle de contribuer à mettre au courant et même de porter en tête de la science, s'il était possible, le premier ouvrage qui l'a constituée, il y a trente à quarante ans, et pour la composition duquel j'avais eu, déjà à cette époque reculée, une active et honorable coopération.

» Je ne présenterai ici qu'une courte analyse des faits, je m'attacherai surtout à leurs résultats, et je suivrai pour cela les divisions de l'ouvrage que je vais résumer. Quant aux vues qui pourraient me paraître nouvelles, je les exprimerai, autant que possible, sous forme de propositions.

» Afin de mettre plus d'ordre dans cette exposition abrégée et analytique, je la diviserai en paragraphes.

§ Ier. *Division des poumons des mammifères en lobes.*

» Rien n'est indifférent dans les arrangements harmoniques de l'organisme : aussi ai-je mis beaucoup de soin à classer et à multiplier les observations sur la division ou la non-division des poumons des mammifères en lobes, et à faire un tableau plus complet que celui que j'avais dressé dans notre première édition, du nombre de ceux-ci suivant les espèces, les genres, les familles et les ordres.

» Le plus grand nombre de divisions du côté droit est constant dans tous les mammifères chez lesquels les poumons sont partagés en lobes. Elles m'ont paru dépendre, en partie, du plus grand volume du poumon droit, lorsque le cœur est déjeté à gauche; en partie de la veine-cave abdominale, qui rencontre et divise ce même côté du poumon, en sortant du diaphragme et en pénétrant dans la poitrine, pour s'élever ou s'avancer jusqu'à l'oreillette droite.

» Cependant les deux causes n'expliquent pas toutes ces différences.

» La première cause, l'obliquité du cœur à gauche, est extrêmement remarquable dans beaucoup de mammifères; au point qu'on pourra, en considérant notre tableau, mesurer pour ainsi dire d'avance le degré de déviation de la pointe du cœur du côté gauche, par l'absence ou le petit nombre des divisions du poumon de ce même côté. Ce rapport m'a surtout frappé dans les *insectivores*, qui ont le cœur très oblique du côté gauche, et dont le poumon correspondant n'a pas de division, tandis que le droit a quatre lobes. Beaucoup de *rongeurs* sont dans le même cas.

» En général, le résultat auquel m'ont conduit mes dernières recherches, est que la forme et les divisions des poumons présentent le plus souvent le même type dans les espèces appartenant aux genres et aux familles naturelles. J'ai même lieu de présumer que plusieurs des exceptions apparentes que je n'ai pu encore vérifier par de nouvelles observations, viendront se ranger dans la règle commune.

» Il est remarquable que, dans les grands *Cétacés*, dont les poumons n'ont aucune division, le droit conserve un volume plus considérable que le gauche (1).

---

(1) Recherches anatomiques sur un fœtus de *Baleine*, par M. *Roussel de Vauzème*. *Annales des Sciences naturelles*, 2me série, t. II, p. 126.

» C'est à la position du cœur, dont la pointe est plus ou moins déviée à gauche, que je crois devoir rapporter la cause de cette différence.

§ II. *Structure des poumons, en général, et de leurs canaux aériens en particulier.*

» Deux parties essentielles sont à étudier dans cette structure :

» 1°. Les canaux aériens, et surtout leur disposition et leur terminaison dans le tissu intime des poumons;

» 2°. Les vaisseaux sanguins qui font respirer le sang et leur disposition autour des canaux aériens.

» C'est à travers la porosité des parois des uns et des autres, que s'opère cette action chimique de l'air sur le sang, et du sang sur l'air, qui constitue essentiellement la respiration.

1°. *Des canaux aériens.*

» J'avais adopté dans la première rédaction des *Leçons*, la manière de voir de feu mon ami et camarade d'études *Reisseissen*, sur la terminaison en culs-de-sac des canaux aériens, sur leur disposition ramifiée dans chaque lobule, et sur la non-communication des ramifications d'un lobule avec celles des lobules voisins, sauf par la branche d'origine.

» De nouvelles recherches faites avec beaucoup de soin, des préparations assez multipliées, exécutées sous mes yeux ou ailleurs, n'ont fait que me confirmer dans cette manière de voir. L'une de ces dernières préparations, qui est on ne peut plus démonstrative, est celle d'un poumon de fœtus humain que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie (1).

» Je pense que les dissentiments qui ont pu s'élever à cet égard entre des anatomistes du plus grand mérite, viennent des différents procédés qu'ils ont adoptés pour arriver à la connaissance de la vérité. Celui qui consiste à faire des sections de lobules en différents sens, ouvre, dans toutes sortes de directions, les ramuscules des canaux aériens pressés les uns vers les autres dans toutes les dimensions du lobule; et comme les divisions *terminales* des canaux aériens sont très courtes, on conçoit que l'aspect d'une section de lobules doit avoir celui d'une éponge, ou de cavités communiquant les unes dans les autres, d'autant plus qu'une partie

(1) Elle a été faite par M. le docteur *Bach*, agrégé à la Faculté de médecine de Strasbourg et chef de ses travaux anatomiques. Ce sera l'une des premières pièces de la collection d'anatomie physiologique que je vais m'efforcer de fonder au *Collége de France*, pour les démonstrations du cours d'Histoire naturelle des corps organisés.

des parois des culs-de-sac aériens se trouvera rompue par l'insufflation et la dessiccation.

» L'injection, sans section, me paraît un moyen plus sûr d'investigation.

» Elle peut bien, surtout celle au mercure, dilater ces canaux aériens, principalement à leur terminaison en cul-de-sac, où elle s'arrête, et où elle doit trouver des parois plus amincies pour l'hématose; elle peut bien faire paraître ces terminaisons comme vésiculeuses, mais on est sûr qu'une matière aussi lourde, pénétrant par les canaux les plus déliés, les mettant en évidence sans trop d'efforts, ainsi que cela a lieu pour les injections des lymphatiques, entraînée ici comme là, par son propre poids, dans tous les détours des canaux aériens, s'il y en avait, ne manquerait pas de les manifester. Ces injections ne montrent, au contraire, que des ramifications, mais des ramifications variables en nombre, en étendue et en diamètre, suivant les espèces. Il paraîtrait même qu'elles varient aussi avec l'âge. M. Magendie l'a constaté dans l'homme. Il a trouvé les cellules pulmonaires, ou les terminaisons des dernières ramifications des canaux aériens, beaucoup plus développées chez les personnes âgées que chez les jeunes sujets. C'est ainsi qu'il explique comment le poumon d'un vieillard de 70 ans était quatorze fois spécifiquement plus léger, qu'un poumon d'enfant de quelques jours (1).

» En effet, les petits cœcums qui terminent les ramuscules bronchiques ne paraissent pas atteindre, dans tous les mammifères, la même ténuité. Chez quelques-uns leur extrémité vésiculeuse conserve un assez grand diamètre relatif; c'est ce qui a fait dire à *Meckel* que, chez les *Paresseux*, les *Tatous* et les *Fourmiliers*, les cellules pulmonaires étaient considérables (2). J'ai vérifié cet aperçu.

» Le genre de vie aquatique paraît avoir, entre autres, une grande influence sur le développement des derniers ramuscules de l'arbre bronchique. Dans les mammifères plongeurs, ces petits cœcums conservent un diamètre proportionnel considérable. M. *Rathke* a fait cette observation pour le *Castor;* je la démontre pour la *Loutre.*

» En général, ces ramuscules montrent, par les injections au mercure, des dilatations et des étranglements successifs, qui leur donnent un diamètre très inégal, et un aspect tel, qu'ils semblent formés de séries de vésicules de grandeurs très variées, comme arrangées en chapelets.

---

(1) *Journal de Physiologie*, t. I, p. 281.

(2) *Système d'Anatomie comparée*, t. VI, pages 398 et suiv.

» Cela viendrait-il de cloisons incomplètes qui rendraient leur cavité intérieure comme celluleuse? Je reviendrai sur cette considération que je crois très importante pour concilier les différentes opinions sur la structure intime des voies aériennes dans les poumons des mammifères.

» Le nombre et la longueur de ces ramifications sont encore des circonstances qui ne nous ont pas semblé les mêmes dans les différents mammifères.

» Si l'on jette un coup d'œil sur les figures 1 et 2 d'un poumon de *Loutre*, injecté très heureusement sous mes yeux, on verra toutes ces circonstances organiques des canaux aériens, dont les ramifications sont courtes, nombreuses, inégalement dilatées, et vésiculeuses dans leur trajet et à leur terminaison. Cette même préparation démontre très bien la manière dont les vaisseaux sanguins enlacent de leur réseau les derniers ramuscules aériens.

» Dans la préparation de poumon de fœtus humain que je mets sous les yeux de l'Académie, les derniers ramuscules bronchiques paraissent par-ci, par-là très déliés, très distincts; mais leur diamètre est très inégal, et leur surface, au lieu d'être unie, paraît comme raboteuse.

» Le diamètre des derniers ramuscules aériens excède toujours celui des vaisseaux sanguins; en sorte que plusieurs ramuscules du réseau sanguin peuvent s'étaler contre une seule terminaison des canaux aériens.

» Les voies aériennes, extra comme intra-pulmonaires, sont essentiellement formées d'un tissu fibro-élastique entre les lames duquel se placent les cerceaux cartilagineux de la trachée-artère et des bronches, et que revêt intérieurement la membrane muqueuse qui s'y prolonge de la cavité buccale.

» C'est ce tissu qui se montre à la surface des poumons avec les dernières ramifications des canaux aériens, pressés les unes vers les autres, qui a été pris, je pense, dans ces derniers temps, pour la membrane propre de ce viscère, que l'on a signalée dans quelques cas (1).

» Ce tissu fibro-élastique qui se voit dans la trachée-artère des mammifères, dans l'intervalle de ses cerceaux, prend un développement, une extension inverse de ces derniers, dans la suite des voies aériennes (2).

(1) M. *Bazin*, dans les *Annales françaises et étrangères d'Anatomie et de Physiologie*, tome I, pages 317 et suiv. Déjà *Tyson* et *Hunter* avaient signalé la membrane extérieure des poumons comme élastique, dans les Cétacés. *Ew. Home* lui a reconnu cette propriété dans le *Dugong*.

(2) *Reisseissen* l'a décrit avec beaucoup de détails, pages 12 et 13 de sa Dissertation :

» C'est le squelette du poumon, si je puis m'exprimer ainsi, puisqu'il en est la partie la plus solide, celle sur laquelle la muqueuse respirante vient s'étaler. Mais ce tissu fibro-élastique est aussi la partie mobile du poumon. Par son extensibilité, il se prête aux dilatations nécessaires pour l'introduction de l'air; par son élasticité, il tend toujours à reprendre un plus petit volume et à resserrer l'organe dans un moindre espace, lorsque la force qui l'a étendu a cessé d'agir.

» L'énergie de son action est sans doute en rapport avec son développement. Aussi est-il bien moins facile de la démontrer dans les mammifères, chez lesquels ce tissu est généralement peu apparent dans les ramuscules bronchiques, que dans les reptiles, où ce même tissu est au plus haut degré de son développement.

» Nous y reviendrons en parlant des poumons dans les deux premières classes des ovipares, et nous trouverons, dans son étude, une nouvelle preuve de la nécessité de comparer le même appareil, le même organe, et jusqu'aux tissus, aux parties organiques élémentaires d'un seul organe, dans tous les animaux pourvus de cet organe, si l'on veut bien apprécier chacune des circonstances de structure de l'organisation animale et leurs conséquences physiologiques. Nul doute qu'un des usages de ce réseau élastique ne serve à l'expiration, surtout dans les reptiles.

§ III. *Des vaisseaux sanguins respirateurs.*

» La planche que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie (fig. 1 et 2), fait voir la *disposition* des vaisseaux sanguins dans les poumons des mammifères, leur *rapport* avec les canaux aériens et leur *diamètre* relatif.

» Quant à leur *disposition*, elle se fait toujours en réseau, c'est-à-dire en ramuscules s'anastomosant très souvent entre eux, de manière à intercepter les mailles d'un réseau. Ce réseau enlace, enveloppe les extrémités des canaux aériens; il s'étale, se colle à leur surface, de manière que l'hématose puisse se faire à travers trois membranes, la muqueuse respirante, la membrane ou le tissu fibro-élastique qui fait le fond du tissu pulmonaire, et les parois des vaisseaux sanguins.

» Le diamètre de ceux-ci est bien moindre que celui des canaux aériens,

---

« Hæ fibræ albæ, nitentes diu post mortem elaterem servant........ Secunda bronchiorum divisione, integrum tubi circuitum ambiunt, sicque cum bronchiis sensim rarescentes ad extremos eorum fines perveniunt...... Bronchiorum decurtatio non musculari vi, sed solo textus elatere...... perficitur. »

de manière que plusieurs ramuscules du réseau sanguin s'étalent, s'appliquent contre un cul-de-sac aérien.

» Tels sont les principaux résultats de mes dernières recherches; ils confirment ceux que j'avais obtenus il y a trente-quatre ans. Je les donne comme les miens, sans prétendre opposer mes convictions à des convictions contraires; mais afin que les unes et les autres soient jugées avec connaissance de cause, et que la vérité ressorte de ces différentes manières de voir.

» Celle que j'ai adoptée, ainsi que je l'ai dit plusieurs fois, est celle de *Reisseissen*, que M. le docteur *Bazin* a également admise à la suite de ses nombreuses et persévérantes recherches, dont il a communiqué les résultats à l'Académie.

» Pour bien apprécier le travail de *Reisseissen*, il ne faut pas se borner à prendre connaissance de son *Mémoire*, qui a remporté le prix de l'Académie royale de Berlin. On trouvera beaucoup de détails importants dans sa dissertation inaugurale sur le même sujet, soutenue en 1803; détails qu'il n'avait pas jugé à propos de reproduire dans son Mémoire, et qui rendent celui-ci incomplet à plusieurs égards.

» Un point de vue qui pourrait concilier les différentes manières de voir la structure intime des poumons, c'est qu'il y aurait quelques cloisons incomplètes dans les derniers ramuscules des voies aériennes qui rendraient leurs parois comme celluleuses et leur canal anfractueux.

» On expliquerait du moins en partie par cette structure, qui semble se manifester au-dehors, ainsi que nous l'avons dit, par la grande irrégularité du diamètre de ces ramuscules, l'apparence de tissu spongieux, que j'ai remarqué en effet dans les sections des petites portions de poumons séchées (d'homme) que M. *Bourgery* m'a fait voir au microscope, avec un empressement dont je lui suis bien reconnaissant.

» Cette apparence spongieuse me paraît provenir en partie de cette circonstance organique, en partie de ce que les derniers de ces ramuscules étant à la fois courts, très multipliés, pressés les uns vers les autres, dirigés dans tous les sens, lorsqu'on fait une section quelconque d'un lobule pulmonaire, cette section montre toutes sortes de coupes de ces dernières ramifications des canaux aériens et met en évidence leurs nombreuses communications d'origine. J'admets d'ailleurs un tissu cellulaire intervésiculaire et intervasculaire que l'insufflation peut gonfler par suite de la rupture de quelques vésicules, que la dessiccation peut rendre plus évident, après cette préparation, et qui contribue à transformer le tissu

intime des poumons, en un tissu spongieux, très apparent au microscope.

» En résumé, les préparations des poumons de divers mammifères que j'ai fait faire, m'ont démontré de nouveau, comme en 1804 :

» 1°. La disposition ramifiée des canaux aériens, jusqu'à leurs dernières divisions;

» 2°. Leur terminaison en culs-de-sac, dont la surface reste libre et assez étendue pour être enlacée dans tout son pourtour par plusieurs filets creux, faisant partie du réseau des vaisseaux sanguins respirateurs ;

» 3°. Que les parois de ces culs-de-sac sont assez fortes pour contenir les injections au mercure, mais qu'elles se dilatent un peu par le poids de ces injections et donnent l'apparence vésiculeuse à ces terminaisons des canaux aériens ;

» 4°. Que ces ramifications semblent varier beaucoup en longueur et en diamètre relatif, suivant les espèces et surtout le genre de vie ;

» 5°. Qu'elles m'ont paru plus longues, plus déliées, mieux séparées dans les jeunes sujets; plus courtes, plus grosses, plus rapprochées dans les sujets adultes ;

» 6°. Qu'elles se raccourcissent et se dilatent beaucoup dans les mammifères plongeurs, au point qu'elles ne semblent plus que des cellules rondes des avant-derniers rameaux ; ce qui rapproche cette structure de la forme celluleuse des poumons de reptiles ;

» 7°. Que dans ce cas le poumon semble avoir plus de capacité pour l'air et moins pour le sang. Aussi les mammifères plongeurs ont-ils tous, hors des poumons, des réservoirs de ce fluide, pour les cas où son passage à travers les vaisseaux sanguins de ce viscère est embarrassé ;

» 8°. Les préparations que j'ai fait faire montrent de plus l'arrangement en réseau des vaisseaux sanguins respirateurs, enveloppant dans leur filet les derniers ramuscules aériens.

» Il est facile de concevoir et de démontrer encore, par le raisonnement, le but et l'utilité de cette organisation intime des poumons, dans les mammifères, manifestés par l'observation directe.

» *a*). Les vaisseaux sanguins respirateurs, destinés à mettre le sang en contact médiat avec l'air, devaient être réduits le plus possible dans leur diamètre (1), afin de diviser le fluide nourricier et de multiplier son action sur le fluide respirable, et réciproquement.

---

(1) Sans toutefois devenir imperméables aux globules sanguins, qui ont au moins

» *b*). Il fallait encore que les canaux aériens conduisant l'air à la rencontre du sang, fussent assez divisés pour multiplier suffisamment leur surface, dont l'étendue devait être proportionnée au nombre des mailles du réseau des vaisseaux sanguins.

» *c*). La disposition qui laisse libre les dernières ramifications de ces canaux, donne plus d'étendue à leur surface respirable, que si ces ramifications avaient entre elles de fréquentes anastomoses.

» *d*). On conçoit enfin que cette nécessité de multiplier les surfaces des capacités aériennes est la seule cause de leurs divisions, et que les canaux aériens n'avaient pas besoin d'atteindre, pour diviser l'air respirable, le très petit diamètre des vaisseaux sanguins, qui était indispensable pour diviser le liquide respirant, et multiplier les points de contact du sang avec l'air atmosphérique.

» Dans les sciences d'observations, les faits les plus généralement adoptés, prennent d'autant plus d'importance, relativement à leur vérité, qu'ils ont été vus et confirmés par plus de témoins expérimentés.

» Ils en perdent beaucoup, au contraire, quand les observateurs sont en dissidence, et que parmi eux on voit, de part et d'autre, des hommes d'un mérite incontestable.

» Cette dernière réflexion m'a encouragé à faire à l'Académie la communication actuelle, qui a plus particulièrement pour objet la *structure intime du poumon des mammifères*, sur laquelle les anatomistes sont de nouveau partagés.

» Je me faisais un devoir de lui apporter à ce sujet le tribut de mes derniers travaux. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de l'examen des pièces adressées au concours pour le *Prix concernant l'application la plus avantageuse de la vapeur à la navigation.*

MM. Arago, Poncelet, Dupin, Séguier, Coriolis réunissent la majorité des suffrages.

---

dans l'homme $\frac{1}{500}$ de ligne de diamètre, et dont le diamètre moyen est de $\frac{1}{250}$ suivant MM. *Dumas* et *Prevost*, et de $\frac{1}{350}$ suivant M. *R. Wagner*.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉOLOGIE. — *Mémoire sur l'âge et la composition des terrains de transition de l'ouest de la France; par* M. **Dufrénoy**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Cordier, Élie de Beaumont.)

« Les terrains de transition présentent des divisions constantes, qui doivent les faire séparer en plusieurs formations distinctes, comparables aux divisions établies dans les terrains secondaires. Dans la Notice que j'ai publiée de concert avec M. Élie de Beaumont sur le Cornouailles, en 1825 (1), nous avions déjà émis cette opinion, et nous avions distingué trois groupes dans les terrains de transition du Cornouailles, du Devonshire et du pays de Galles.

» La division des terrains de transition que nous n'avions fait qu'entrevoir à cette époque, a été établie d'une manière certaine par M. Sedgwick. Ce savant professeur a fait voir que, dans le Westmoreland, la direction moyenne des couches schisteuses y court du nord-est un peu est, au sud-ouest un peu ouest.

» Les explorations que j'ai faites en Bretagne, en 1832 et 1833, pour l'exécution de la Carte géologique, m'ont conduit à admettre qu'il existe également dans l'ouest de la France deux terrains de transition séparés l'un de l'autre par une différence de stratification. Les épreuves de la Carte géologique que M. Élie de Beaumont a montrées depuis 1833 dans ses cours, portent les divisions que j'avais distinguées simplement par les noms d'*inférieur* et de *supérieur*.

» A peu près à la même époque, M. Murchison, dans une étude détaillée du pays de Galles, a fait connaître la composition des deux groupes du terrain de transition de ce comté; il leur a donné les noms de *cambrien* et de *siulien :* ces dénominations étant généralement reçues, je les ai substituées à celles d'inférieur et de supérieur, que j'avais d'abord employées.

» La solution de continuité qui a marqué une séparation dans les terrains de transition et celle qui existe entre ces terrains et les formations houillères se rattachent à de grandes perturbations que le sol de la Bretagne a éprouvées.

---

(1) *Voyage métallurgique en Angleterre.*

» La première, dont la direction générale est E. 25° N., O. 25° S., a eu lieu au milieu du dépôt des terrains de transition : elle a été accompagnée de l'érection des granites à grains fins qui recouvrent toute la surface du département du Morbihan. Sa présence est constatée par la direction des échancrures qui existent sur la côte nord de la Bretagne; mais elle est souvent voilée par les dislocations postérieures qui ont plus tard affecté les couches de cette contrée.

» La seconde perturbation a marqué la fin des terrains de transition; elle est imprimée en caractères ineffaçables dans la direction de la chaîne des montagnes Noires et des buttes de Clécy, qui courent sur plus de trente lieues de longueur, depuis les environs d'Argentan, dans le département de l'Orne, jusqu'à Coutances, suivant une ligne E. 15° S., O. 15° N. C'est également à cette cause que l'on doit rapporter la forme de la côte méridionale de la Bretagne, dont le profil actuel, malgré les sinuosités profondes et multipliées qu'on y observe, se dirige en ligne droite depuis l'embouchure de la Loire jusqu'à la pointe de Raz, dans la direction E. 20° S.-O. 20° N. Cette perturbation paraît en rapport avec les porphyres quarzifères qu'on rencontre en beaucoup de points de la Bretagne.

» La troisième, plus moderne que les deux précédentes, mais dont les observations faites en Bretagne ne fixent pas complétement l'âge géologique, s'est propagée de l'est à l'ouest, tirant cependant de quelques degrés vers le sud. La forme générale de la côte nord de la Bretagne se rattache à cette cause, qui a influé si puissamment sur la configuration de cette contrée; elle se retrouve dans la direction de toutes les cimes granitiques du centre de la Bretagne, et elle est en rapport avec l'arrivée au jour des granites qui les composent.

» La partie supérieure des terrains de transition, ou le terrain cambrien est composé de roches schisteuses, de calcaire compacte esquilleux et de quelques couches minces de grès; les schistes sont très abondants, et forment, à bien dire, presque exclusivement tout le terrain; quand ils n'ont pas subi de modifications, ces schistes sont verts, satinés et luisants. Dans la plupart des circonstances, ils sont à l'état métamorphique; ils se présentent alors sous la forme de schiste micacé, de schiste talqueux, et de schiste maclifère.

» Le terrain silurien présente deux assises distinctes, qui sont :

» *a.* Le groupe du quarzite et des schistes ardoisiers;

» *b.* Le groupe anthraxifère.

» Le premier est composé de plusieurs roches dans l'ordre suivant :

» 1°. Poudingue quarzeux formé de la réunion de galets de quarz hyalin, cimentés tantôt par du schiste talqueux, tantôt par de la silice;

» 2°. Grès compacte, composé de grains de quarz hyalin agglutiné par un ciment siliceux : ces grès passent quelquefois à une roche presque homogène appelée quarzite;

» 3°. Schiste bleu ordinairement très fissile : c'est dans cette assise que sont ouvertes presque toutes les exploitations d'ardoises de la Bretagne.

» 4°. Calcaire compacte avec entroques et trilobites, correspondant au calcaire de Dudley.

» 5°. Schiste vert, lie-de-vin, souvent micacé, passant à des grauwakes schisteuses.

» Les fossiles sont nombreux et variés dans cette assise du terrain silurien. Le calcaire en contient presque toujours une grande abondance; les plus caractéristiques sont des trilobites, des orthocères et des conulaires; on y trouve en outre des productus, des spirifères, des encrines et un grand nombre de polypiers.

» Le groupe anthraxifère est moins varié que celui des schistes ardoisiers. Il contient des poudingues siliceux, des grès, des grauwakes schisteuses, des schistes argileux, des argiles schisteuses, des couches de charbon et un calcaire particulier. Ces différentes couches alternent ensemble; cependant on peut encore établir un ordre général parmi ces différentes roches :

» 1°. Les poudingues forment presque partout la base de ce groupe supérieur.

» 2°. Des grès schisteux micacés, des grauwakes, des argiles schisteuses, alternant un grand nombre de fois, succèdent immédiatement au poudingue, et souvent même y sont intercalés.

» 3°. Les couches de charbon ne commencent en général qu'après un assez grand développement de roches schisteuses; elles alternent elles-mêmes avec une série puissante de ces roches.

» 4°. Un calcaire noir compacte termine tout le terrain; il est caractérisé par la présence de nombreux amplexus; il contient aussi des orthocères et plusieurs autres fossiles propres au terrain silurien. La position de ce calcaire n'est pas absolue; on le voit dans plusieurs localités alterner avec les couches du charbon. »

PALÉONTOLOGIE. — *Note sur quelques mâchoires fossiles de Rongeurs voisins des Échimys; par* MM. DE LAIZER et DE PARIEU.

(Commissaires, MM. de Blainville, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire.)

Cette Note a pour objet la description et la détermination de trois moitiés de mâchoires inférieures, qui, d'après MM. de Laizer et de Parieu, proviennent d'animaux qu'on ne peut placer qu'auprès de ces Rongeurs épineux du nouveau continent, autrefois réunis sous le nom d'*Echimys*, mais dont M. Isidore Geoffroy, d'après ses travaux et ceux de M. Jourdan, a cru devoir faire trois petits genres: les Echimys proprement dits, les Nelomys et les Dactylomys. Les auteurs de la Note croient trouver dans les pièces fossiles qu'ils décrivent, des caractères qui ne permettraient de les rapporter à aucun des genres que nous venons de nommer, et obligeraient à en créer un quatrième, qui serait d'ailleurs placé tout auprès.

Les trois mâchoires fossiles sont jointes à la Note de MM. de Laizer et de Parieu.

GÉOLOGIE. — *Mémoire sur les roches asphaltiques de la chaîne du Jura; par* M. YTIER, inspecteur des douanes à Belley (Ain).

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Cordier, Beudant.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Notice sur les bateaux à vapeur; par* M. BRESSON.

(Commission pour le prix relatif à l'application la plus avantageuse de la vapeur à la navigation.)

PHYSIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur l'inanition; par* M. CHOSSAT.

(Commissaires, MM. Magendie, Flourens, Dumas.)

M. *Arago* présente de la part de M. FABRE des conglomérats formés de coquilles agglutinées entre elles par un ciment calcaire, mais non empâtées dans ce ciment. Ces échantillons ont été recueillis sur la côte d'Oran et M. Fabre offre de provoquer, relativement à ce produit, les observations que l'Académie pourrait juger utiles.

M. MILNE EDWARDS fait remarquer que de semblables conglomérats sont

assez communs sur la portion de la côte comprise entre Oran et Mers-el-Kébir, et qu'on les trouve à une hauteur de 30 à 40 mètres au-dessus du niveau de la mer.

(Commissaires, MM. Cordier, de Blainville, Milne Edwards.)

M. *le Président de l'Académie* annonce que parmi les objets recueillis dans le cours de l'expédition de *la Recherche* et adressés au Muséum, se trouvent deux caisses contenant des flacons remplis d'*eau de mer* qui a été recueillie avec les précautions indiquées dans les Instructions rédigées par l'Académie.

MM. Biot, Gay-Lussac, Cordier, Berthier sont chargés de faire un rapport sur cette partie des collections de *la Recherche.*

M. Lemonnier adresse pour le concours aux prix de Médecine et de Chirurgie un ouvrage ayant pour titre : *Nouveau Traité de l'Accouchement manuel.*

(Commission des prix de Médecine et de Chirurgie, fondation Montyon.)

M. *Chevreul* présente de la part de M. Donné deux flacons contenant: le premier une matière purulente fétide, fournie par un des trayons postérieurs d'une vache atteinte de la maladie épidémique que les nourrisseurs désignent sous le nom de *la cocote ;* l'autre du lait en apparence de bonne qualité, et contenant cependant une certaine proportion de matière de même nature que celle du premier flacon ; ce lait provient d'un des trayons antérieurs de la même vache.

Ces produits sont renvoyés à l'examen d'une Commission composée des membres de la section de Chimie et de M. Turpin. La Commission examinera s'il ne conviendrait pas de provoquer des recherches sur l'épizootie régnante et sur les effets qui peuvent résulter de l'usage du lait des bêtes malades.

CORRESPONDANCE.

M. Robiquet annonce à l'Académie que la Société de Pharmacie a décidé, dans sa séance du 2 de ce mois, qu'une somme de 200 fr. serait mise à la disposition de la Commission chargée d'ériger un monument à la mémoire de M. Dulong.

M. Cordier présente la deuxième partie de l'*Atlas du Métallurgiste.* Ce

recueil, publié par l'École des Mines, offre les appareils les plus nouveaux employés dans les établissements métallurgiques de la France et de l'étranger. Les planches sont lithographiées par MM. les élèves de l'École des Mines, comme dessins de concours.

M. *Arago* donne communication d'une lettre de M. **Littrow** concernant les observations faites à Vienne sur le *météore périodique du* 13 *novembre*. Cette lettre, qui confirme ce qu'avaient dit les journaux sur le nombre des étoiles filantes vues à l'époque indiquée, ne contenant d'ailleurs aucun détail sur leurs directions, on attendra, pour parler du phénomène, les renseignements qui seront donnés dans le XVIIIe vol. des *Annales de l'Observatoire de Vienne*, dont M. Littrow annonce la prochaine publication.

M. **Marianini**, élu récemment Correspondant pour la section de Physique, adresse ses remercîments à l'Académie.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la température du fond de la mer dans le voisinage des glaciers du Spitzberg; par* M. **Ch. Martins**, membre de la Commission du Nord.

« Du 25 juillet au 4 août 1838, *la Recherche* resta mouillée dans la baie désignée sous le nom de Bellsound, par 77°30′ de latitude et 12°23′ de longitude orientale.

» La corvette était placée entre la terre, dont elle était éloignée de 200 mètres environ, et un vaste glacier distant de 2000 mètres, dont la largeur excédait le double de cette distance. Il s'avançait dans la mer qui minait sa base, et tous les jours, quand le thermomètre était à + 3° ou + 4° centigrades, des masses énormes s'en détachaient avec fracas, et couvraient la baie de glaces flottantes. Je crus devoir profiter de cette réunion si rare de circonstances pour étudier la température du fond de la mer dans le voisinage d'un glacier, et obéir aux Instructions de l'Académie, en cherchant à découvrir quelques faits intéressants pour la physique du globe.

» Je me suis servi des thermomètres à *minima* et à déversement imaginés et confiés à la Commission par M. Walferdin. On sait qu'ils ne sont pas sujets aux incertitudes que laissent les indications du thermométrographe, dont les index, susceptibles de se déplacer pendant qu'on retire l'instrument de la mer, donnent en outre des indications tout-à-fait inexactes, si l'instrument n'est pas constamment vertical. Or, comme

c'est la température de la couche d'eau la plus inférieure que je voulais explorer, il a dû arriver souvent que les instruments sont restés couchés horizontalement au fond de la mer, ce qui est sans inconvénient pour les thermomètres du nouveau système. D'ailleurs la division par degrés seulement du thermométrographe ne m'eût pas permis d'apprécier avec assez de rigueur les faibles différences de température, que j'ai pu constater avec les instruments en question.

» Pour donner une idée de la marche de ces instruments et du degré de précision qu'ils permettent d'atteindre, je crois devoir indiquer ici le nombre de divisions correspondant pour chacun d'eux à un degré de l'échelle centésimale.

Thermomètre à déversement	n° 1	15p,59	= 1° cent.
»	n° 2	8, 59	
»	n° 3	8, 55	
»	n° 4	7, 71	
»	n° 5	7, 14	

» J'ai pris la précaution, si souvent négligée auparavant, d'envoyer au fond de la mer, dans plusieurs expériences, un certain nombre d'instruments à la fois, afin que l'accord de leurs indications fût une preuve irrécusable de leur exactitude; et comme l'emploi des échelles arbitraires ne permet pas de connaître au moment de la lecture le résultat définitif de l'expérience, il s'ensuit que la coïncidence remarquable que présente l'expérience D est le résultat rigoureux de l'observation.

» Dans quelques-unes des expériences, les thermomètres à *minima* étaient accompagnés d'un thermomètre à *maxima* également à déversement de M. Walferdin, dans la crainte que la température n'allât en croissant de la surface au fond de la mer: mais il n'en était point ainsi, car le thermomètre à *maxima* n'a jamais déversé.

» Pour qu'ils fussent complétement garantis des effets de pression, les instruments, comme l'a conseillé leur inventeur, étaient enfermés dans des tubes de verre où l'air avait été raréfié autant que possible, et dont les extrémités étaient scellées à la lampe d'émailleur.

» Six expériences ont été faites successivement, les unes à bord de *la Recherche*, à un mille de distance du glacier, par 22 brasses de profondeur et à 150 mètres de distance de la terre; les autres dans un canot, à 80 et 150 mètres de distance du même glacier, par 16, 32 et 34 brasses de fond. En voici le tableau:

DÉSIGNAT. des expér.	DATES.	DISTANCE du glacier.	PROFONDEUR à laquelle les instruments ont été plongés.	DURÉE de l'immersion.	TEMPÉRATURE, EN DEGRÉS CENTÉSIMAUX, de l'air.	de la surface de la mer.	du fond de la mer, par les thermomètres *à minima*.	
	1838.							
A	28 juillet.	1 mille (1852 mèt.)	22 brasses (36 mèt.).	1^h 20′	+5°,60	+6°,05	n° 1... + 0°,91 2... + 0,88	Moyenne....... + 0°,89
B	30 juillet.	150 mètres........	16 brasses (26 mèt.)	0.30	+2,65	+4,25	n° 1... + 2,06 2... + 2,04 3... + 1,83	Moyenne...... + 1,97
C	31 juillet.	80 mètres.........	32 brasses (52 mèt.)	1. 0	+4,15	+1,45	n° 4...	.... + 0,19
D	31 juillet.	1 mille..........	22 brasses (36 mèt.)	1. 0	+3,65	+4,85	n° 2... + 1,31 3... + 1,32 4... + 1,39 5... + 1,31	Températ. vraie. + 1,31
E	4 août..	80 mètres.......	34 brasses (55 mèt.)	0.35	+2,65	+2,05	n° 2...	.... + 0,12
F	4 août..	1 mille.........	22 brasses (36 mèt.)	1.40	+1,65	+2,40	n° 1... + 0,50 2... + 0,64	Moyenne...... + 0,57

» Il résulte des expériences C, D et E, F, faites comparativement le même jour et presqu'à la même heure, par 33 et 22 brasses de profondeur, que la *différence* des températures de la mer, à 80 mètres et à un mille de distance du glacier, a été un jour de 1°,12, l'autre de 0°,45. Néanmoins l'expérience B fait voir que le 30 juillet, à 150 mètres du même glacier et à la profondeur de 16 brasses seulement, la température se trouvait plus élevée qu'elle n'était les autres jours, à une distance beaucoup plus grande.

» En moyenne, dans un rayon d'un mille à partir du glacier principal de Bellsound, la température était de + 0°,84 au fond et de + 3°,50 à la surface de la mer.

» Pour rendre ces expériences tout-à-fait concluantes, il aurait fallu les répéter près de la terre et loin de tout glacier; mais les circonstances s'y sont opposées pendant tout le cours du voyage. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Phénomène lumineux observé sur un ciel parfaitement couvert.*

M. Danse, élève du collége *Rollin*, a adressé à M. *Arago* la Note suivante :

« Hier, vendredi 21 décembre, vers 8 heures 20 ou 25 minutes environ du soir, on voyait dans la partie sud du ciel une vaste ellipse d'une couleur rouge de feu, offrant à peu près la nuance d'une vive aurore boréale. Le ciel était couvert, et l'on n'apercevait aucune étoile. Cette ellipse de feu avait son grand axe dirigé à très peu près sur le méridien, et le milieu de ce grand axe paraissait être voisin de l'équateur céleste. Autant que j'en ai pu juger, le grand axe pouvait avoir de 40 à 50° et le petit de 20 à 25, du moins quand tout était calme; car on voyait de temps en temps cette ellipse dont les bords étaient assez nettement terminés, s'étendre, pour ainsi dire, dans tous les sens en une lueur plus pâle qui se fondait insensiblement; puis la lumière revenait à ses dimensions primitives par une sorte de scintillement, que je ne puis pas mieux comparer qu'à ces éclairs continuels que l'on voit quelquefois dans les temps d'orage illuminer les bords des nuées.

» Environ 5 minutes après son apparition, le météore s'était sensiblement transporté vers l'est; autant que je pus le voir, la partie nord du grand axe avait parcouru un arc plus grand que la partie sud. Les scintillements très fréquents lorsque j'observais ce phénomène pour la première

fois, étaient devenus beaucoup plus rares. La lumière passait au rouge de plus en plus foncé. Le météore *s'éteignit* subitement sans presque laisser de traces visibles; un de mes camarades me dit l'avoir vu se rallumer après quelques instants, puis s'éteindre graduellement après avoir marché vers le sud-ouest. Ce mouvement étant presque dans le sens contraire du premier, je ne puis m'en rendre compte: du reste, je n'ai pu savoir quelle était la direction du vent. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Fabrication du sucre de betteraves.*

M. **Pelletan** adresse quelques réflexions sur la communication faite dans la séance précédente par M. Dumas, relativement aux résultats obtenus dans la fabrication du sucre de betteraves avec dessiccation préalable des racines. M. Pelletan remarque que la proportion de matières sucrées variant beaucoup d'une racine à l'autre, le rendement en sucre ne doit pas être estimé d'après des expériences faites en petit, mais seulement d'après les résultats obtenus dans de grands établissements, lorsqu'ils sont convenablement dirigés. Dans une fabrique située près de Paris où l'on emploie par jour environ 50000 kilogrammes de betteraves, et où par l'usage du *lévigateur* on épuise la pulpe de matières sucrées assez exactement pour que les résidus n'en contiennent plus de traces appréciables, le liquide obtenu ne contient de ces matières que 7 pour 100, sucre et mélasse compris. M. Pelletan pense donc qu'aucun procédé ne peut donner un chiffre supérieur à celui-là, et que si l'on en cite de plus grands ils ne représentent pas une moyenne, mais un cas exceptionnel. Ainsi, suivant lui, le procédé de fabrication avec dessiccation préalable des racines ne doit pas donner plus de sucre que la fabrication avec les racines fraîches, et il est moins avantageux, puisque les frais sont augmentés de tout ce que coûte l'opération de la dessiccation et de la valeur qu'auraient eue les résidus, qui sont perdus pour la nourriture du bétail.

M. **Dumas** remarque à cette occasion qu'il ne doute point que le lévigateur n'épuise bien la pulpe de betteraves fraîches; mais dans la dessiccation des racines, il s'opère des réactions entre les diverses substances qui y sont contenues, et la proportion des matières sucrées qui peuvent être enlevées par un simple lavage, est certainement augmentée. Le lévigateur de M. Pelletan, qui rend ce lavage plus parfait, pourrait, dit

M. Dumas, rendre au nouveau procédé de fabrication les mêmes services qu'il a rendus à l'ancien.

Quant à la perte des résidus qui ne peuvent plus être employés à la nourriture du bétail, il faut voir si elle n'est pas plus que compensée par l'excédant du sucre obtenu dans le procédé par la dessiccation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Note sur des secousses ressenties en pleine mer; par* M. **Blouet**, commandant le navire *la Claudine* du Hâvre.

« Le 27 septembre 1838, étant par 31° 40′ latit. N. et par 44° 30′ long. O., j'ai ressenti la première secousse d'un tremblement sous-marin dont la durée fut de trois-quarts d'heure.

» Cette première secousse fut la plus forte et la plus longue, elle dura 30 secondes; le navire fut mis en mouvement d'une manière effrayante: tout l'équipage fut éveillé et monta sur le pont, croyant le navire touché. Il y en eut ensuite deux autres un peu moins fortes que la première, entrecoupées par plusieurs petites de la durée de cinq à six secondes, très souvent répétées, et à peu près à un intervalle de cinq minutes; la dernière eut lieu à quatre heures cinq minutes.

» Le bruit accompagnant chaque secousse ressemblait parfaitement à celui que produit de loin le tonnerre.

» Le temps était clair et fin, la mer très belle et presque calme. Ce tremblement me parut n'avoir imprimé à la mer aucun mouvement particulier, du moins je n'en aperçus aucun.

» Le 9 octobre, étant par 27° 37′ latit. N. et par 31° 7′ long. O., à deux heures du soir, je ressentis encore trois petites secousses. »

MÉTEOROLOGIE. — *Sur les rayons crépusculaires; par* M. **Necker de Saussure**.

M. Arago donne l'analyse verbale d'un Mémoire très étendu de M. *Necker de Saussure*, relatif à certains phénomènes atmosphériques engendrés par les rayons solaires.

L'auteur s'occupe d'abord des zones lumineuses de forme pyramidale qui semblent diverger du soleil lorsque cet astre est caché derrière certains nuages. L'explication qu'il en donne est conforme à celle qu'on peut lire dans divers ouvrages, et, entre autres, dans l'*Optique* de Smith.

Tous ceux qui, peu après le coucher du soleil ou peu avant son lever, ont examiné attentivement les changements de coloration des cimes nei-

geuses des hautes montagnes, rendront témoignage de l'exactitude de la description que M. *Necker* a donnée de ces intéressants phénomènes. Tous les physiciens y verront aussi une preuve nouvelle que les passages si brusques du rouge orangé au blanc verdâtre, sont de simples effets de contraste.

L'objet auquel le Mémoire de M. *Necker* est plus particulièrement consacré, ce sont les rayons divergents, d'un bleu obscur, qui s'élèvent de la zone colorée crépusculaire. L'auteur considère en général ces rayons obscurs comme les ombres portées de nuages détachés et plus ou moins nombreux, situés au-delà des limites de l'horizon visible; mais par une discussion savante, il établit aussi la probabilité que des ombres portées de montagnes éloignées, jouent quelquefois un rôle dans le phénomène. Cette idée, à l'état de simple conjecture, on la trouve déjà dans *Howard*. Les observations de M. *Necker* montrent combien il importe de recommander ces apparences à l'attention des voyageurs et des astronomes.

M. Arago avait cru, un moment, que les rayons obscurs crépusculaires mettraient sur la voie des moyens, encore inconnus, dont un M. *Bottineau*, de l'île de France, fesait usage, vers le milieu du siècle dernier, pour annoncer la présence des navires situés au-delà des limites de l'horizon et qui devait constituer une nouvelle branche de l'art nautique sous le nom de *nauscopie;* mais en recourant à quelques ouvrages, actuellement très rares, de l'époque en question, il a reconnu que M. *Bottineau* prétendait voir à l'horizon les signes précurseurs de l'arrivée des navires, *à toutes les heures de la journée.*

MÉTÉOROLOGIE. — *Boules électriques.*

M. DE MONTLUISANT, élève du collége *Rollin*, transmet un essai d'explication de ces singulières *boules fulminantes* dont il a été beaucoup question dernièrement. Cette explication est empruntée aux principes ordinaires de l'électricité.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Source thermale d'*Hamman Meskoutin, *sur la route de Bone à Constantine.*

M. GUYON, chirurgien en chef de l'armée d'Afrique, adresse une Note contenant une nouvelle détermination de la température de la source d'Hamman Meskoutin et un essai d'analyse de ses eaux. Nous reviendrons sur cet objet lorsque le thermomètre de M. *Guyon* aura été comparé à un instrument étalon.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Fabrication du gaz d'éclairage.*

M. **Selligues** réclame la priorité d'invention pour un procédé de fabrication décrit par M. *Longchamp* dans une Note adressée il y a quelques semaines à l'Académie.

(Commission nommée pour le Mémoire de M. Longchamp.)

M. **Damemme** adresse une Note sur les couleurs que prend l'acier par l'opération de la trempe.

M. **Brosin** adresse d'Odessa, à M. *Arago,* quelques détails sur les succès obtenus par M. le Dr *Spier,* autrefois professeur de thérapeutique à Moscou, d'un mode de traitement que ce médecin applique à diverses maladies, et spécialement aux maladies de poitrine. Ce traitement consiste surtout dans une libre inhalation d'un air pur. Les malades sont placés en plein air et y passent, dans quelques cas, la nuit, quelque basse que soit la température atmosphérique; d'ailleurs ils sont couverts de manière à ne pas sentir à l'extérieur l'impression du froid, et, s'il est nécessaire, on ne leur laisse à découvert que la bouche et les narines.

M. **Barbier** adresse un paquet cacheté portant pour suscription : *Propriété d'une chaîne accélérée.*

M. **Cavarra** adresse également un paquet cacheté.

L'Académie accepte le dépôt des deux paquets.

La séance est levée à 5 heures. A.

Erratum. (Séance du 31 décembre.)

Page 1140, ligne 23, grossissant environ 50 fois, *lisez* 500 fois.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1838, n° 27, in-4°.

Recueil des mémoires de M. Duvernoy (*dix*) *publiés parmi ceux de la Société d'Histoire naturelle de Strasbourg;* tomes 1 et 2; 1 vol. in-4°; savoir : 1° *De la* Langue *considérée comme organe de préhension des ali-*

ments; 2° *Fragments d'anatomie comparée sur les organes de la* génération de l'Ornithorhynque et de l'Échidné; 3° *Description d'un* Macroscélide d'Oran; 4° *Notice critique sur les espèces de* grands Chats; 5° *Fragments d'histoire naturelle systématique et physiologique sur les* Musaraignes; 6° *Supplément au Mémoire sur les* Musaraignes; 7° *Sur quelques particularités des* organes *de la* déglutition *de la classe des* Oiseaux *et de celle des* Reptiles; 8° *sur le* canal alimentaire des Semnopithèques; 9° *Sur quelques ossements fossiles de l'*Alsace *et du* Jura; 10° Tableaux *des* ordres, *des* familles *et des* genres *de Mammifères, précédés d'une* Introduction.

Atlas du Mineur et du Métallurgiste, publié sous la direction du conseil de l'École royale des Mines; in-fol., 1838, 2e partie.

Nouveau traité de l'Accouchement manuel ou contre nature; par M. Le Monnier; livraisons 1—5, in-4°, avec planches. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

Galerie ornithologique d'Oiseaux d'Europe; par M. d'Orbigny; 42e livraison, in-4°.

Recherches cliniques sur le degré de certitude du Diagnostic dans les maladies de l'appareil cérébro-spinal; par M. Forget; in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — *Bulletin de la séance du* 3 nov. 1838, n° 108, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; nouv. série, n° 35; nov. 1838, in-8°.

De la direction des Aérostats; par M J.-B. Chanu; Neufchâtel, 1838, in-8°.

De pulmonis structura specimen inaugurale; par M. F. D. Reisseissen, Argentorati, 1803, in-4°. (Présenté par M. Duvernoy.)

Symbolæ ad monographiam staphylinorum; par M. D.-A. Nordmannus; Pétropolis, 1837, in-4°.

The narrative.... *Relation d'un Voyage entrepris dans les années* 1819 *et* 1821, *en France, en Italie; par* M. James Holman; Londres, 1824, in-8°.

Travels.... *Voyages en Russie, Sibérie, Pologne, Autriche, etc.; par* le même; 2 vol. in-8°.

A Voyage.... *Voyage autour du Monde; par* le même; 4 vol. in-8°.

Fragmente.... *Fragments sur l'Histoire naturelle des Succins; par* M. J.-C. Aycke; Dantzick, 1835, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; n° 7, janvier 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 1er.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 1 et 3.

Journal de Chimie médicale, tome 5, n° 1er.

L'Expérience, journal; n° 1, 1839.

Programme du cours de Géométrie; par M. Bresson (tableau).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — DÉCEMBRE 1838.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Maxim.	Minim.		
1	750,16	+ 8,0		752,06	+10,0		751,87	+11,4		750,44	+11,2		+12,0	+ 5,4	Couvert.	S. O.
2	750,81	+12,6		751,16	+13,1		751,16	+13,9		752,81	+11,0		+14,3	+10,2	Couvert	S.S. O.
3	750,20	+10,9		749,36	+12,6		748,43	+11,2		749,55	+ 8,5		+12,8	+ 7,4	Couvert	S. S. O.
4	750,53	+ 8,2		750,83	+10,1		750,73	+10,0		751,75	+ 6,9		+10,6	+ 6,0	Couvert	S. O.
5	754,53	+ 4,2		754,84	+ 6,7		755,04	+ 7,7		756,95	+ 6,4		+ 8,0	+ 2,6	Éclaircies	O. N. O.
6	762,81	+ 6,1		763,60	+ 7,5		764,25	+ 8,0		765,92	+ 7,0		+ 8,0	+ 5,0	Couvert.	N. O.
7	766,55	+ 4,0		766,15	+ 5,1		765,03	+ 5,2		763,46	+ 4,9		+ 5,3	+ 3,3	Couvert.	S.
8	763,90	+ 4,1		763,27	+ 6,3		762,64	+ 6,6		763,77	+ 3,5		+ 6,6	+ 3,4	Couvert.	N.
9	764,31	+ 3,7		763,84	+ 4,7		763,24	+ 4,7		764,08	+ 3,3		+ 4,7	+ 1,6	Couvert	N. E.
10	763,83	+ 0,2		763,70	— 0,1		762,72	0,0		763,40	+ 0,9		+ 1,5	— 0,7	Couvert.	N. N. E.
11	764,73	+ 1,8		764,87	+ 4,5		765,04	+ 5,2		766,26	+ 5,0		+ 5,8	+ 0,3	Couvert.	O.
12	766,50	+ 3,2		766,14	+ 5,5		765,62	+ 4,6		766,02	+ 1,4		+ 5,8	+ 0,8	Serein.	N. E.
13	765,29	— 0,5		764,93	+ [illegible],5		764,28	+ 2,5		765,22	0,0		+ 2,6	— 1,3	Serein.	N. E.
14	765,67	— 2,2		765,08	+ 2,1		764,55	+ 2,9		764,80	+ 1,3		+ 3,0	— 2,8	Serein.	N. N. E.
15	763,94	+ 1,1		764,03	+ 1,6		763,30	+ 2,1		763,65	— 0,5		+ 2,1	— 0,8	Couvert	N. E.
16	765,14	— 0,9		765,16	+ 1,1		765,17	+ 1,3		766,34	— 2,0		+ 1,7	— 2,7	Beau.	E.
17	767,24	— 3,0		766,92	— 1,6		766,53	— 1,0		766,69	— 3,2		— 1,0	— 4,9	Couvert	E. S. E.
18	765,67	— 3,5		765,44	— 3,6		764,81	— 3,6		765,40	— 3,9		— 3,7	— 4,7	Couvert.	E. S. E.
19	765,49	— 4,5		765,19	— 4,0		764,54	— 3,3		764,68	— 3,5		— 3,3	— 5,4	Couvert.	S. E.
20	764,67	— 1,7		764,21	+ 1,4		764,23	+ 3,5		765,17	0,0		+ 3,5	— 4,0	Serein	S. E.
21	767,58	— 2,4		767,43	— 2,6		767,38	— 3,9		766,77	— 3,5		— 2,4	— 4,8	Couvert.	S. E.
22	764,23	— 2,4		762,93	+ 0,3		751,45	+ 1,7		759,37	— 0,0		+ 1,7	— 4,6	Couvert.	S. S. E.
23	752,54	+ 0,8		750,34	+ 1,6		748,70	+ 1,4		746,50	+ 1,9		+ 1,8	— 1,0	Pluie.	S.S. E.
24	742,61	+ 2,8		740,80	+ 4,6		738,56	+ 5,3		738,50	+ 6,0		+ 6,0	+ 0,9	Pluie fine.	S. S. E.
25	744,64	+ 1,6		747,29	+ 0,7		750,60	+ 0,7		754,55	— 0,5		+ 1,7	+ 1,4	Neige.	N.
26	758,12	— 2,2		758,22	+ 1,0		757,45	+ 1,0		754,54	+ 0,5		+ 2,0	— 3,2	Beau.	S.
27	749,62	+ 0,6		750,76	+ 3,5		752,61	+ 4,7		757,10	+ 1,6		+ 5,0	— 1,0	Beau.	O.
28	763,88	— 0,9		764,51	+ 3,3		765,18	+ 3,3		767,13	+ 1,0		+ 3,5	— 1,8	Nuageux.	O. N. O.
29	768,16	— 1,6		767,96	— 1,8		767,64	— 2,6		768,54	— 4,6		— 3,0	— 5,8	Couvert.	S. E.
30	768,00	— 4,0		767,07	— 2,9		765,67	— 2,8		765,45	— 1,9		— 1,3	— 6,0	Couvert.	S.
31	768,71	+ 1,2		769,78	+ 3,6		770,67	+ 4,1		772,31	+ 1,0		+ 4,3	— 1,7	Serein.	N. N. O.
1	757,76	+ 6,2		757,88	+ 7,6		757,51	+ 7,9		758,21	+ 6,4		+ 8,3	+ 4,5	Moyenne du 1er au 10	Pluie en centim.
2	765,43	— 1,0		765,20	+ 0,8		764,81	+ 1,4		765,42	— 0,5		+ 1,6	— 2,6	Moyenne du 11 au 20	Cour. 2,824
3	758,92	— 0,6		758,82	+ 1,0		757,81	+ 1,2		759,16	— 0,1		+ 1,8	— 2,5	Moyenne du 21 au 31	Terr.. 2,288
	760,61	+ 1,5		760,58	+ 3,1		759,97	+ 3,4		760,89	+ 1,9		+ 3,8	— 0,2	Moyennes du mois. + 1,8	

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JANVIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Réponse de M. Biot *à la Note de* M. Puissant, *insérée au dernier numéro du* Compte rendu.

« La réplique imprimée de M. *Puissant* m'a prouvé que, malgré mon désir de caractériser nettement la méthode qu'il emploie pour calculer les réfractions, je ne me suis pas encore expliqué d'une manière assez claire, puisque je l'ai exposé à l'inconvénient d'établir, sur des rapprochements équivoques, une conclusion qui n'est point exacte ; mais peu de mots, joints à ce que j'ai dit, achèveront, je l'espère, de dissiper toute obscurité.

» Je crois avoir suffisamment prouvé qu'une formule de réfractions adoptée par M. Puissant, avait été démontrée inexactement par lui; et j'ai ajouté, qu'en l'employant comme il le fait, elle doit conduire généralement à des contradictions physiques. M. Puissant n'a rien opposé aux raisonnements mathématiques sur lesquels j'ai fondé cette assertion. Seulement, pour en infirmer les conséquences, il a déclaré que la formule dont il s'agit était une *rectification* faite à celle de M. Laplace, d'*après les principes de M. Bessel*, par un géomètre étranger. Mais j'ai montré que

M. Bessel n'y était pour rien, et que la formule, au lieu d'être une rectification de celle de M. Laplace, n'était que la sienne même avec d'autres lettres. Maintenant, de ce que j'ai eu raison sur ces trois points, l'inexactitude de la démonstration, la non-intervention de M. Bessel, et la prétendue rectification de M. Laplace, M. Puissant infère aujourd'hui que j'ai tort dans le reste de mon assertion; car, dit-il, puisque cette formule est exacte, elle ne conduira pas à des contradictions physiques. Mais M. Puissant omet ici la seconde moitié de mon argument, qui est qu'il l'a inexactement appliquée, et employée à des usages auxquels elle n'est pas propre. Je crois avoir démontré ces deux points mathématiquement, et à plusieurs reprises, dans mes diverses communications déjà imprimées. Néanmoins, pour compléter ces preuves, je m'engage à faire voir, au besoin, les contradictions dont il s'agit, dans les résultats mêmes que M. Puissant pourra déduire de la formule citée, s'il persiste à l'employer comme il le fait; et je m'y engage, soit qu'il l'applique à des observations de distances zénithales simultanées, ou non simultanées; soit qu'il donne au coefficient numérique l'ancienne valeur qu'il lui attribuait, ou la nouvelle qu'il y a substituée récemment, et qui est précisément double; ou enfin, toute autre, pareillement constante, qu'il voudra choisir. Car, d'après les conditions physiques et mathématiques sur lesquelles cette formule repose, il est dans son essence de n'être pas propre aux usages que M. Puissant veut en faire, et de devoir être appliquée tout différemment. Voilà, je crois, la question scientifique nettement posée; et elle n'est pas sans importance. Car il ne s'agit pas seulement de savoir si une évaluation des réfractions, exacte ou inexacte, s'introduira dans un ouvrage particulier de géodésie, pour des mesures de hauteur qui n'en seront sans doute que peu altérées; mais si de grandes opérations nationales, qui ont coûté beaucoup de travaux et de temps, seront présentées officiellement au public, avec des détails de calcul conformes ou opposés aux méthodes géométriques. Or, c'est par une discussion mathématique, et non par des autorités individuelles, ou des rapprochements équivoques, que l'alternative pourra se décider. Si M. Puissant veut faire prévaloir la méthode d'évaluation qu'il a adoptée, il faut qu'il démontre qu'il y a erreur dans les calculs mathématiques que je lui oppose, et que l'emploi qu'il fait des formules de la réfraction, est conforme aux principes théoriques dont elles dérivent. Voilà, je crois, le seul mode de discussion sérieux, que des hommes voués aux sciences doivent employer. »

Après la lecture de ce qui précède, M. **Puissant** s'exprime en ces termes :

« Tant qu'il s'est agi d'une discussion ayant pour but de mettre en lumière une vérité utile à la science qui fait l'objet de mes études spéciales, je l'ai soutenue de mon mieux et sans blesser en rien les convenances : c'est ainsi que je crois avoir réfuté avec succès, et sans beaucoup de peine d'ailleurs, une des formules de géodésie les plus inexactes qui aient jamais été proposées (*voir* tom. VII, p. 471). Mais aujourd'hui que les nouvelles arguties de M. Biot ne peuvent donner lieu qu'à des personnalités ; aujourd'hui qu'il importe peu au monde savant que j'aie bien ou mal démontré une formule de réfraction de M. Laplace, ou si l'on veut de M. Plana, je m'abstiendrai de toute réflexion sur ce que l'Académie vient d'entendre ; et en effet, à quoi bon parler toujours quand on a mille fois raison. »

M. **Biot** réplique à l'instant ce peu de mots :

« M. Puissant ne paraît pas se douter des ménagements dont j'ai usé à son égard. Ces ménagements, je les ai eus par considération personnelle pour lui, et par respect pour l'Académie. Les géomètres les remarqueront aisément en lisant nos diverses communications. Voilà tout ce que je crois devoir répondre aux paroles que M. Puissant vient de prononcer. »

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction de la lumière ; par* M. **Augustin Cauchy.**

Suite de la seconde partie. (Voir le numéro précédent.)

« Considérons maintenant deux milieux séparés l'un de l'autre par une surface plane. Si l'on fait tomber sur cette surface un système d'ondes planes, correspondantes à un mouvement simple de l'éther, ou, en d'autres termes, un rayon simple ; alors, pour que les conditions relatives à la surface puissent être remplies, on sera obligé d'admettre la coexistence de trois systèmes d'ondes, en supposant propagées dans le premier milieu, outre les *ondes incidentes*, d'autres ondes que l'on nomme *réfléchies*, et dans le second milieu des ondes que l'on nomme *réfractées*. Ainsi, un rayon simple venant à tomber sur la surface *réfléchissante* ou *réfringente*, c'est-à-dire sur la surface de séparation des deux milieux, la *réflexion* et la *réfraction* produiront deux nouveaux rayons, l'un réfléchi, l'autre réfracté, dont chacun sera simple ainsi que le rayon incident. Ces deux nouveaux rayons pourront d'ailleurs être censés partir du point où le

rayon incident rencontre la surface réfléchissante. Les *angles d'incidence*, *de réflexion* et *de réfraction* ne seront autre chose que les angles aigus formés par les plans des ondes incidentes, réfléchies et réfractées avec la surface réfléchissante, ou bien encore les angles aigus formés par les perpendiculaires à ces plans avec la normale à la surface. D'après ce qui a été dit dans la première partie du Mémoire, la durée des vibrations moléculaires, par conséquent la couleur, sera la même dans les trois rayons, et les plans qui termineront les trois espèces d'ondes seront paralleles à une droite unique tracée sur la surface réfléchissante. Le plan mené perpendiculairement à cette droite, par le point où les trois rayons rencontrent la surface, sera celui qu'on nomme à volonté le *plan d'incidence*, ou *de réflexion*, ou *de réfraction*. Enfin, les sinus des trois angles d'incidence, de réflexion et de réfraction, ou ce qu'on appelle, pour abréger, le *sinus d'incidence*, le *sinus de réflexion* et le *sinus de réfraction*, seront proportionnels aux épaisseurs des ondes incidentes, réfléchies et réfractées. Par suite, si l'on nomme *indice de réflexion* et *indice de réfraction* les rapports qu'on obtient en divisant l'épaisseur des ondes incidentes par les épaisseurs des ondes réfléchies et réfractées, *le rapport du sinus d'incidence au sinus de réflexion sera toujours équivalent à l'indice de réflexion*, et pareillement *le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction sera toujours équivalent à l'indice de réfraction.*

» Pour simplifier l'énoncé des propositions diverses, nous désignerons désormais sous le nom de *milieu isophane*, un milieu dans lequel la propagation de la lumière s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois, quel que soit d'ailleurs le degré de transparence de ce milieu qui pourrait absorber plus ou moins complétement la lumière, et se transformer, sans cesser d'être isophane, en ce qu'on appelle un *corps opaque*. Lorsqu'un milieu sera isophane et parfaitement transparent, la surface des ondes y deviendra sphérique, conformément à la remarque faite dans la première partie de ce Mémoire, et l'épaisseur des ondes planes propagées dans ce milieu dépendra uniquement de la durée des vibrations moléculaires, ou, ce qui revient au même, de la nature de la couleur. Cela posé, étant donnés deux milieux que sépare une surface réfléchissante, et un rayon simple qui dans le premier milieu tombe sur cette surface, si ce premier milieu est isophane et parfaitement transparent, l'épaisseur des ondes réfléchies sera la même que celle des ondes incidentes. Donc alors, l'indice de réflexion se réduisant à l'unité, et le sinus de réflexion au sinus d'incidence, l'*angle de réflexion sera égal à l'angle d'incidence*. Si le second milieu est lui-même,

comme le premier, isophane et parfaitement transparent, l'épaisseur des ondes réfractées sera constante, comme celle des ondes incidentes, c'est-à-dire indépendante de l'angle d'incidence, du moins pour toutes les incidences propres à fournir un rayon réfracté qui se propage dans le second milieu sans s'affaiblir. Donc alors l'*indice de réfraction sera constant, ainsi que le rapport entre le sinus de réfraction et le sinus d'incidence;* en sorte que la loi de réfraction, donnée par Descartes, se trouvera vérifiée. Mais l'angle de réflexion cessera d'être égal à l'angle d'incidence, si le premier milieu est du nombre de ceux dans lesquels la lumière ne se propage pas en tous sens, suivant les mêmes lois; et, si l'un des milieux donnés est de ce nombre, ou, si l'un d'eux absorbe plus ou moins complétement la lumière, la loi de Descartes cessera de subsister.

» Lorsqu'un milieu transparent n'est point isophane, non-seulement l'épaisseur des ondes propagées dans ce milieu dépend de la direction des plans qui les terminent, ou, ce qui revient au même, de la direction du second plan invariable; mais, en outre, à une direction donnée de ce dernier plan, correspondent toujours deux systèmes d'ondes planes qui offrent des épaisseurs différentes, et par suite des vitesses de propagation différentes. Si l'on donne, non plus la direction du second plan invariable, mais sa trace sur un plan fixe, avec le rapport entre le sinus de son inclinaison sur le plan fixe et l'épaisseur d'une onde plane; à cette trace et à ce rapport correspondront quatre systèmes d'ondes planes, et quatre positions du second plan invariable, qui sera pour deux de ces systèmes incliné diversement sur le plan fixe, mais dans un même sens, et pour les deux autres en sens contraire. Nous dirons que les quatre systèmes d'ondes dont il s'agit sont *conjugués* entre eux, ainsi que les quatre rayons lumineux correspondants à ces quatre systèmes. Si, le plan fixe étant une surface réfléchissante, on considère l'un des quatre rayons comme rayon incident, alors des trois autres rayons conjugués, deux correspondront à des ondes inclinées sur la surface dans un autre sens que les ondes incidentes, et rempliront la condition à laquelle doit satisfaire le rayon réfléchi, savoir, que l'on obtienne le même rapport en divisant le sinus d'incidence par l'épaisseur des ondes incidentes, ou le sinus de réflexion par l'épaisseur des ondes réfléchies. Concevons pareillement que, le plan fixe étant considéré comme une surface réfringente qui sépare le milieu donné d'un autre, on fasse dans cet autre milieu tomber un rayon sur cette surface. Si l'on cherche à déterminer le rayon réfracté par la condition que le rapport entre le sinus de réfraction et l'épaisseur des ondes réfractées devienne

équivalent au rapport entre le sinus d'incidence et l'épaisseur des ondes incidentes, on trouvera que cette condition peut être remplie, dans le milieu donné, par deux rayons conjugués l'un à l'autre et inclinés dans le même sens sur la surface réfringente. De ces considérations il résulte que, si une surface réfléchissante et réfringente sépare l'un de l'autre deux milieux transparents qui ne soient point isophanes, on obtiendra en général pour chaque rayon incident deux rayons réfléchis et deux rayons réfractés. C'est ce que confirme l'expérience, et l'on donne pour cette raison, aux milieux qui ne sont point isophanes, le nom de milieux *doublement réfringents*. Lorsque deux milieux doublement réfringents sont séparés l'un de l'autre par une surface plane, on peut imaginer quatre systèmes d'ondes planes propagées dans le premier milieu et quatre systèmes d'ondes planes propagées dans le second milieu, de telle sorte que le sinus de l'inclinaison d'une onde plane sur la surface de séparation soit toujours à l'épaisseur de cette onde dans un rapport donné. A ces huit systèmes d'ondes planes correspondent huit rayons conjugués quatre à quatre. Or, d'après ce qu'on vient de dire, il est clair que si l'on prend un de ces huit rayons pour rayon incident, deux autres de ces rayons représenteront les deux rayons réfléchis, et deux autres les deux rayons réfractés, les deux premiers étant propagés dans le même milieu que le rayon incident, et les deux derniers étant les seuls qui, dans l'autre milieu, répondent à des ondes dont les plans soient inclinés sur la surface de séparation dans le même sens que les ondes incidentes. Si l'un des milieux donnés devient isophane, les quatre rayons conjugués, relatifs à ce milieu, se réduiront à deux rayons qui formeront, avec la normale à la surface de séparation, des angles égaux; et l'on déduira immédiatement de la proposition que nous venons d'énoncer les règles établies par Malus et par M. Biot pour la détermination des rayons réfléchis par la seconde surface des cristaux à un et à deux axes optiques. La même proposition montre comment ces règles doivent être modifiées, dans le cas où les milieux donnés sont doués l'un et l'autre de la double réfraction.

» Nous avons ici recherché le nombre et les directions des rayons réfléchis et réfractés par la surface de séparation de deux milieux, isophanes ou non isophanes, mais que l'on suppose parfaitement transparents. A la rigueur il n'existe point de milieux dont la transparence soit parfaite, et dont une couche suffisamment épaisse n'absorbe la lumière avec une énergie plus ou moins grande. Il importe d'apprécier l'influence que cette absorption peut avoir sur les phénomènes de la réflexion ou de la réfrac-

tion, et en particulier sur la direction des rayons réfléchis ou réfractés. C'est ce dont nous allons maintenant nous occuper, en supposant d'abord que les milieux donnés sont isophanes, mais que l'un au moins cesse d'être parfaitement transparent.

» Ce qui caractérise surtout un mouvement simple, propagé dans un milieu homogène, c'est l'exponentielle imaginaire à laquelle sont proportionnelles les trois variables imaginaires, dont les déplacements moléculaires, mesurés parallèlement aux axes coordonnés, offrent les parties réelles. Cette exponentielle a pour exposant une fonction linéaire des coordonnées et du temps; et, conformément à une remarque faite dans la première partie de ce Mémoire, les carrés des coefficients des coordonnées, dans l'exposant dont il s'agit, fournissent une somme qui dépend uniquement du coefficient du temps, par conséquent de la durée des vibrations moléculaires, dans le cas où la propagation du mouvement s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois. C'est du moins ce qu'il est facile de démontrer lorsque les parties réelles des quatre coefficients s'évanouissent. Alors, les coefficients des trois coordonnées offrent des carrés dont la somme, prise en signe contraire, a pour racine carrée le rapport du nombre 2π à l'épaisseur d'une onde plane. Pour plus de commodité, nous donnerons généralement un nom à cette racine carrée; et ce que nous appellerons la *caractéristique d'un mouvement simple* sera une quantité positive, ou une expression imaginaire dont la partie réelle sera positive, et dont le carré, pris en signe contraire, sera équivalent à la somme des carrés des coefficients des trois coordonnées dans l'exposant de l'exponentielle imaginaire qui caractérise le mouvement simple. Nous appellerons encore *caractéristique d'un rayon simple* celle d'un mouvement simple propagé dans l'éther que renferme un milieu homogène. Dans un milieu isophane, et que l'on suppose parfaitement transparent, la caractéristique d'un rayon simple, liée par une certaine équation à la durée des vibrations moléculaires, restera indépendante de la direction du plan de l'onde, et nous admettrons qu'il en est toujours ainsi dans un milieu isophane, quand même ce milieu absorberait la lumière plus ou moins rapidement. Cela posé, concevons qu'une surface réfléchissante et réfringente sépare l'un de l'autre deux milieux isophanes dont le premier soit parfaitement transparent, et qu'un rayon simple tombe sur cette surface dans le premier milieu. Prenons d'ailleurs pour origine des coordonnées, le point de la surface par lequel passent les trois rayons incident, réfléchi, réfracté, et pour axes coordonnés, trois droites rectangulaires, dont la première coïncide avec la normale à la sur-

face, et la seconde avec la trace du plan d'incidence sur cette surface même. Enfin, supposons que le module du mouvement simple qui produit le rayon incident se réduise à l'unité. L'argument de ce mouvement simple renfermera seulement les deux coordonnées qui se mesurent dans le plan d'incidence, ou parallèlement à ce plan; et les coefficients de ces deux coordonnées dans le même argument seront respectivement égaux aux produits de la caractéristique du rayon incident par le cosinus et le sinus de l'angle d'incidence. Si du rayon incident on passe au rayon réfracté, le second des coefficients dont il s'agit ne variera pas, mais le premier devra être remplacé par la partie réelle d'une constante imaginaire, dont le carré, ajouté au carré du second coefficient, donnera pour somme le carré de la caractéristique du rayon réfracté. Le coefficient de $\sqrt{-1}$ dans la même constante sera, au signe près, le coefficient de la coordonnée mesurée sur la normale à la surface réfléchissante dans l'exposant du module du mouvement réfracté. Quant à l'indice de réfraction, il ne sera autre chose que la racine carrée positive de la somme des carrés des coefficients des deux coordonnées comprises dans l'argument du mouvement réfracté. Ces principes une fois établis, on reconnaîtra sans peine que l'indice de réfraction sera sensiblement constant, c'est-à-dire, sensiblement indépendant de l'angle d'incidence, si le module du mouvement réfracté conserve un exposant très petit, et reste en conséquence peu différent de l'unité, lorsqu'on s'éloigne de la surface réfringente à une distance comparable à l'épaisseur d'une onde plane, c'est-à-dire, en d'autres termes, si la lumière n'est pas sensiblement absorbée par une tranche du second milieu qui offre une épaisseur de même ordre que la longueur d'une ondulation lumineuse. Donc alors la loi de réfraction, donnée par Descartes, ne sera pas assez altérée pour que l'altération puisse être indiquée par une expérience directe ayant pour objet de constater la direction du rayon réfracté. Toutefois l'indice de réfraction, devenu variable, pourra se déduire par le calcul, des expériences qui seraient relatives à l'absorption de la lumière. Le même indice se déduirait au contraire, comme nous le verrons plus tard, des expériences faites sur le rayon réfléchi, si la lumière, en pénétrant dans le second milieu, était sensiblement absorbée par une tranche d'une épaisseur comparable à l'épaisseur d'une onde plane. Alors aussi la loi de réfraction de Descartes se trouverait sensiblement modifiée, comme le prouve le calcul, et comme on peut aisément le prévoir, à l'aide des remarques suivantes.

» Il arrive souvent que le second milieu joue le rôle tantôt d'un corps

transparent et tantôt d'un corps opaque, suivant la valeur plus ou moins considérable de l'angle d'incidence. Supposons en effet qu'un rayon incident, qui forme avec la normale à la surface réfléchissante un angle très petit, s'éloigne de cette normale en se réfractant, et se propage dans le second milieu sans s'affaiblir sensiblement à une distance finie de la surface. L'angle d'incidence sera inférieur à l'angle de réfraction; et l'indice de réfraction, inférieur lui-même à l'unité, aura pour mesure le rapport entre la caractéristique du rayon réfracté et la caractéristique du rayon incident. Or, ces deux caractéristiques, ne dépendant que des durées des vibrations moléculaires dans les deux milieux supposés isophanes, seront entre elles dans un rapport constant, quelle que soit l'incidence; et si l'angle d'incidence vient à varier, l'indice de réfraction restera invariable, tant qu'il aura ce rapport pour mesure, ou, ce qui revient au même, tant que le second milieu jouera le rôle d'un corps transparent. Mais, l'angle d'incidence croissant de plus en plus, l'angle de réfraction, qui le surpassera toujours, atteindra sa limite ou l'angle droit, avant que l'angle d'incidence ait atteint la sienne, et lorsque ce dernier angle se transformera en ce qu'on appelle l'*angle de réflexion totale*. Si l'angle d'incidence devient supérieur à l'angle de réflexion totale, le second milieu jouera le rôle d'un corps opaque, ce qui n'empêchera pas les ondes planes de se propager dans ce second milieu; seulement elles se réfracteront de manière que le mouvement soit insensible à une distance finie de la surface réfléchissante, et il est clair que la direction du rayon réfracté ne pourra plus être déterminée par la règle de Descartes, qui donnerait alors un sinus de réfraction supérieur à l'unité. Il suit d'ailleurs des principes ci-dessus établis que, dans ce cas particulier, le sinus de réfraction restera équivalent à l'unité, et l'angle de réfraction à un angle droit, pour toutes les incidences. Donc, lorsque l'angle d'incidence surpassera l'angle de réflexion totale, les plans des ondes réfractées resteront toujours perpendiculaires à la surface réfléchissante, et l'indice de réfraction, égal au sinus de l'angle d'incidence, sera variable avec cet angle.

» Nous venons d'examiner quelle influence l'absorption de la lumière peut avoir, dans les corps isophanes, sur la direction du rayon réfracté. Quant à la direction du rayon réfléchi, ou plutôt des ondes réfléchies, elle reste, dans les corps isophanes, indépendante de leur pouvoir absorbant. Car, le rayon réfléchi offrant alors la même caractéristique que le rayon incident, il est aisé d'en conclure que l'angle de réflexion équivaut toujours à l'angle d'incidence.

» Quant aux milieux qui absorbent la lumière sans être isophanes, ils possèdent généralement, aussi bien que les corps transparents mais non isophanes, la propriété de doubler les rayons lumineux par la réflexion intérieure ou par la réfraction, et peuvent en conséquence être encore désignés sous le nom de milieux *doublement réfringents*. Quelquefois, des deux rayons réfléchis ou réfractés l'un est absorbé beaucoup plus promptement que l'autre, et s'éteint à une petite distance de la surface réfléchissante ou réfringente. »

M. de Blainville commence la lecture d'un Mémoire sur l'*ancienneté des mammifères du sous-ordre des Édentés terrestres à la surface du globe.* Cette lecture sera continuée dans la prochaine séance.

M. d'Hombres-Firmas adresse quelques échantillons de *pierres figurées* qui se trouvent dans les marnes du lias, entre Arène et Vals, 4 kilom. S.-S.-O. d'Alais, à la Canaou 3 ½, et à Fressac 9 kilom. vers le S.-O. d'Anduze.

Ces corps, avec la Notice qui les accompagne, sont renvoyés à l'examen d'une Commission composée de MM. Alex. Brongniart et de Blainville.

La Section d'Économie rurale propose, par l'organe de M. *Silvestre*, de déclarer qu'il y a lieu d'élire à la place devenue vacante dans son sein par le décès de M. *Huzard*.

L'Académie, consultée par voie de scrutin sur cette question, décide à une majorité de 36 voix contre 3, qu'il y a lieu d'élire. En conséquence, la Section présentera dans la prochaine séance une liste de candidats; MM. les membres en seront prévenus par billets à domicile.

RAPPORTS.

ORGANOGRAPHIE VÉGÉTALE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. Decaisne, *intitulé :* Recherches sur l'organisation anatomique de la Betterave.

(Commissaires, MM. Dumas, Pelouze, Ad. Brongniart rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Dumas, Pelouze et moi, d'examiner deux Mémoires de M. Péligot et de M. Decaisne, qui considèrent sous deux points de vue différents la même question, le mode de développement du sucre dans la racine de la Betterave.

» Quoique ces deux Mémoires aient été entrepris dans le même but et que les observations aient été faites simultanément par les deux auteurs dans l'intention de s'éclairer mutuellement dans les travaux qu'ils poursuivaient, cependant la nature de leurs recherches, les unes chimiques, les autres anatomiques, est tellement distincte que nous pouvons en entretenir l'Académie séparément.

» Sous le point de vue anatomique on connaissait déjà par des travaux nombreux et anciens, car ils remontent aux fondateurs de l'anatomie végétale, Grew et Malpighi, la structure générale des racines des plantes dicotylédones, l'absence de la moelle et des trachées, et l'extension qu'acquiert fréquemment le parenchyme cortical dans cette partie du végétal; mais il s'agissait de savoir si la production du sucre, beaucoup plus abondante dans la Betterave que dans aucune autre racine, était liée à quelque modification dans la structure de cet organe, dans quelles parties du tissu qui le constitue le sucre se trouvait déposé, enfin si cette substance y était à l'état solide ou liquide.

» Peu de recherches avaient été faites sur ce sujet; et les seules dont l'auteur ait tiré des conclusions positives étaient celles de M. Raspail, qui admet que le sucre est renfermé à l'état pur et presque concret dans les vaisseaux spiraux de la racine (1).

» Mais le réactif qu'il a employé n'a pas paru à M. Decaisne fournir des résultats nets et constants, et les conséquences de ses observations sont, ainsi qu'on le verra plus loin, très différentes de celles de ce naturaliste.

» M. Decaisne s'est appliqué à suivre le développement de la Betterave depuis la germination jusqu'à l'état adulte, ou, du moins, jusqu'à l'époque du plus grand accroissement de la racine qui précède l'allongement de la tige sur laquelle seront portés les organes de la reproduction; il a vu que dans ce qu'on appelle la racine de la Betterave, il y a deux régions d'une origine bien différente, et qui conservent toujours une organisation particulière: l'une supérieure est formée par l'accroissement de la tigelle, c'est-à-dire de la partie comprise entre l'insertion des cotylédons et le collet proprement dit ou l'origine de la radicule; l'autre inférieure est formée par cette radicule dilatée. Extérieurement, aucune différence notable ne distingue ces deux régions, qui sur la tige et la racine dilatée se confondent à leur point de réunion; mais, intérieurement, elles se recon-

---

(1) *Nouveaux Éléments de Chimie organique,* tome III, page 58.

naissent en ce que la moelle se prolonge en forme de cône renversé dans la tigelle élargie, tandis qu'elle manque dans la vraie racine : de véritables trachées existent autour de cette moelle; des vaisseaux réticulés seuls se trouvent dans la partie qui appartient à la racine proprement dite.

» Dans la plupart des cas, la partie de la Betterave qui s'élève hors de terre correspond à la tigelle, la partie souterraine à la vraie racine.

» Abstraction faite de la moelle et des vaisseaux qui l'entourent, la structure de la Betterave est presque la même dans toute l'étendue de cette tige et de cette racine charnue : c'est une masse celluleuse diversement colorée suivant les variétés, parcourue par des faisceaux de vaisseaux disposés par cercles assez réguliers et environnés, surtout vers l'extérieur, de cellules plus fines et un peu allongées qui correspondent au tissu ligneux des plantes qui présentent plus de solidité.

» Le nombre de ces zones de faisceaux vasculaires augmente avec l'âge et le volume de la racine, par l'addition de nouveaux cercles vers l'extérieur; mais chacun d'eux acquiert assez promptement l'organisation qu'il doit conserver pendant toute la vie de la plante, et cette observation est en rapport avec celle de M. Péligot, que la quantité de sucre est, proportionnellement au volume de la racine, la même à tous les âges de la racine, tant qu'elle prend de l'accroissement.

» M. Decaisne a également suivi avec attention le mode de formation et de développement des radicelles secondaires; mais ses observations s'accordant complétement avec celles de M. Mohl sur le même sujet, nous ne pouvons les considérer que comme une confirmation, toujours utile dans des recherches aussi délicates, et nous ne le suivrons pas dans cette partie de son travail.

» On vient de voir que dans la racine de la Betterave il existe trois tissus différents, entre lesquels il était important de déterminer le mode de répartition de la matière sucrée, le parenchyme celluleux général, incolore dans la variété le plus habituellement cultivée pour l'extraction du sucre, coloré en rouge ou en jaune par un suc transparent dans les autres variétés;

» Les vaisseaux réticulés qui doivent à leurs parois plus épaisses l'aspect de veines blanchâtres opaques sous lequel leurs faisceaux se présentent;

» Enfin le tissu cellulaire allongé, plus fin, plus délicat et plus transparent, qui accompagne ces vaisseaux, et qui, par rapport à eux, se trouve toujours placé plus extérieurement; tissu qui, par sa position et par les vaisseaux du latex qu'il renferme, correspond en même temps au tissu ligneux et au tissu fibreux cortical ou au liber.

» Tout le monde s'accorde à reconnaître que le parenchyme général et souvent coloré de la Betterave ne contient que peu ou point de sucre. L'absence complète de cette substance paraît une opinion trop exclusive; mais il est certain qu'au goût même cette partie est moins sucrée que les zones cellulo-vasculaires.

» Ce serait donc ou dans les vaisseaux mêmes, ou dans les cellules d'une forme et d'une texture spéciale qui les accompagnent, que le sucre se déposerait.

» M. Decaisne a cherché à répéter les expériences citées par M. Raspail, au moyen d'un mélange d'acide sulfurique et d'albumine, pour colorer en rouge les parties qui contiennent du sucre; mais il n'a jamais obtenu de résultats précis et positifs. Il est certain en outre que les vaisseaux ne contiennent pas de parties concrètes, et qu'ils sont aussi transparents lorsqu'on les a convenablement isolés que ceux de même nature qu'on observe dans un grand nombre d'autres plantes. Enfin, si l'on se rend compte de la quantité de sucre que l'analyse indique dans les racines de Betteraves, on verra que la capacité des vaisseaux peu nombreux que cette plante renferme ne suffirait pas pour contenir ce sucre même à l'état solide.

» M. Decaisne est conduit à admettre que le sucre se forme principalement dans le tissu cellulaire délicat, analogue à celui du cambium de beaucoup de plantes qui occupe la place du bois et du liber; les rapports de ce tissu avec les vaisseaux propres ou du latex, sur lesquels M. Decaisne n'a peut-être pas suffisamment fixé son attention, rendraient encore plus vraisemblable l'opinion qui considérerait ce tissu comme étant le siége essentiel de la sécrétion du sucre, qui, cependant, serait disséminé en moindre quantité dans presque tout le tissu de la racine.

» Un autre fait déjà remarqué par les fabricants de sucre de Betterave, reçoit des recherches anatomiques un nouvel intérêt: c'est la moindre quantité de sucre que fournissent les parties des racines placées hors de terre. Ces parties, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, correspondent entièrement, ou presque entièrement, non à la vraie racine, mais à la tigelle dilatée, c'est-à-dire à la partie de la tige située entre le collet et les premières feuilles, et même à celle sur laquelle s'insèrent les feuilles inférieures.

» Or, la différence dans la quantité de sucre tient-elle à l'organisation un peu différente de cette partie ou à sa position hors de terre? C'est ce qu'on ignore; mais il résulte des recherches de M. Decaisne que cette partie caulinaire de la Betterave contient une quantité souvent considé-

rable de cristaux agglomérés dans certaines cellules, tandis que la partie inférieure et vraiment radiculaire en est complétement et constamment dépourvue.

» Ces cristaux assez différents par leur forme rhomboïdale et leur aspect, de ceux qui se présentent si souvent avec la forme aciculaire dans le tissu cellulaire des végétaux, existent non-seulement dans la partie inférieure des tiges de la Betterave, mais aussi dans les feuilles de cette plante où les cellules qui les renferment constituent quelquefois presque un quart du tissu.

» La Betterave se rattache par ce caractère aux autres chénopodées, telles que les Soudes et les Salicornes, qui sont si riches en substances salines.

» Mais après avoir ainsi reconnu dans la partie supérieure des Betteraves l'existence de sels cristallisés qui manquent dans la partie inférieure, il faudrait s'assurer si la différence qu'on a remarquée dans la quantité de sucre extraite de ces diverses parties des racines, tient à l'influence de ces sels sur l'extraction, ou si la quantité de sucre est effectivement moindre; il faudrait également déterminer si la production de ces sels et la moindre quantité de sucre est une suite de quelque différence inappréciable pour nos instruments dans la structure du tissu cellulaire caulinaire et radical, ou si elle ne dépend que de la position hors de terre et de l'action de l'air et de la lumière sur cette partie supérieure de la Betterave. Il faudrait, en un mot, s'assurer si ces tiges radiciformes, mises dans les mêmes conditions que les vraies racines, conserveraient les différences qu'on y a remarquées ou acquerraient la même composition que les racines.

» On voit que si le sujet que M. Decaisne se proposait de traiter a été examiné par lui aussi complétement que possible sous le rapport anatomique, et c'était le seul but de son Mémoire, comme son titre l'indique, il reste sans doute encore beaucoup à faire sous le point de vue physiologique. Mais en indiquant les lacunes qui restent à combler, ce n'est pas un reproche que nous adressons à l'auteur; cet habile botaniste a fait en une saison tout ce qu'il était possible de faire pour éclaircir une question des plus délicates, et nous devons lui savoir gré d'avoir immédiatement fait connaître le résultat de ses recherches. L'obligation dans laquelle on se trouve souvent de remettre à une époque assez reculée les expériences qui touchent à la physiologie végétale est, sans aucun doute, une des causes qui ont le plus nui aux progrès de cette science, mais elle est presque toujours inhérente à la nature des recherches qu'elle exige.

» Les observations anatomiques de M. Decaisne seront une excellente base pour diriger des expériences physiologiques, et il serait à désirer que de semblables observations précédassent toujours les expériences destinées à nous dévoiler le jeu des organes; mais nous devons espérer que M. Decaisne lui-même ne bornera pas son travail à cette partie anatomique, et nous proposons à l'Académie, en accordant son approbation au travail qu'il a soumis à son jugement, de l'engager à poursuivre l'étude d'une question qui est du plus grand intérêt pour la physiologie végétale et pour ses applications à l'agriculture. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

Rapport sur un Mémoire de M. Payen, *relatif à la composition de la matière ligneuse.*

(Commissaires, MM. Ad. Brongniart, Pelouze, Dumas rapporteur.)

« Nous avons été chargés par l'Académie, MM. Ad. Brongniart, Pelouze et moi, d'examiner le Mémoire de M. Payen sur la composition du ligneux, et nous nous empressons d'accomplir ce devoir.

» A en juger par la brièveté de ce rapport, on serait tenté de croire que l'auteur s'est livré à des recherches faciles et d'une exécution prompte, mais il n'en est rien, et si notre rapport est court, c'est seulement parce que les résultats obtenus par M. Payen sont nets et s'expriment en peu de mots.

» Depuis long-temps on s'était accoutumé à regarder la composition du ligneux comme chose bien connue. Les analyses du chêne et du hêtre, exécutées par MM. Gay-Lussac et Thénard, avaient conduit à regarder la matière ligneuse comme étant formée de 53 de charbon et 47 d'eau. Les recherches de M. Payen prouvent qu'on avait généralisé trop vite.

» En effet, il s'est assuré que des matières qu'on aurait cru pouvoir confondre avec le ligneux, comme le coton, la moelle de sureau, la moelle d'ischénomène, ainsi que le tissu extrait de quelques ovules, possèdent la composition exacte de l'amidon, c'est-à-dire environ 44 de carbone, et le reste en hydrogène et oxigène dans les rapports qui constituent l'eau.

» Tout au contraire le bois proprement dit lui a fourni 54 de charbon, 6,2 d'hydrogène et 39,8 d'oxigène; d'où il suit que le bois contient plus d'hydrogène qu'il n'en faut pour convertir son oxigène en eau.

» Ce phénomène est digne d'attention à tous égards, car il s'accorde

parfaitement avec les expériences récentes de MM. Colin et Edwards, qui démontrent que les plantes peuvent décomposer l'eau, et celles de M. Boussingault, qui établissent qu'il y a fixation d'hydrogène pendant la végétation.

» L'observation de M. Payen montre d'ailleurs que, malgré toutes les analogies, le ligneux appartient à une autre classe que l'amidon et les sucres, à côté desquels on l'avait toujours placé.

» Guidé par les observations de quelques-uns des membres de cette Académie, M. Payen a été plus loin : il a fait une séparation exacte et heureuse des deux principes organiques des bois.

» En effet, il y a dans les bois le tissu primitif isomère avec l'amidon, que nous appellerons *cellulose*, et de plus une matière qui en remplit les cellules et qui constitue la matière ligneuse véritable.

» M. Payen est parvenu à dissoudre cette dernière par l'acide nitrique et à isoler ainsi d'un bois, comme celui de hêtre, les cellules qui en étaient remplies. A l'analyse, ce résidu a donné 44 de charbon et 56 d'eau, tandis que le bois lui-même renfermait 54 de charbon, 6,2 d'hydrogène et 39,8 d'oxigène.

» Il ne peut donc rester le moindre doute sur ce point : le bois est formé de cellules identiques avec la moelle de sureau par leur composition, et plus ou moins remplies d'une matière plus riche en carbone et en hydrogène que l'acide nitrique dissous.

» Depuis la présentation de son Mémoire, M. Payen a cru intéressant d'examiner si la substance blanche du ligneux, la *cellulose*, qui lui présentait la composition élémentaire de la dextrine, n'exercerait pas aussi un pouvoir rotatoire pareil ou analogue sur la lumière polarisée. Pour cela, il forma une solution de cette substance dans l'acide sulfurique concentré en s'aidant d'une très faible élévation de température. La liqueur devenue aussitôt limpide, fut observée au Collége de France avec les appareils de M. Biot. Non-seulement le pouvoir rotatoire se manifesta dans le même sens que celui de la dextrine; mais en outre, d'après les proportions approximativement évaluées du dosage, on put constater que l'intensité de ce pouvoir pour l'unité de masse était analogue à celle de la dextrine, ou même égale, autant qu'on en pouvait juger. Voilà donc trois substances qui possèdent des propriétés très caractéristiques et très distinctes aux yeux des chimistes, la cellulose, l'amidon et la dextrine, et dans lesquelles on serait pourtant disposé à voir le même corps à divers états d'agrégation.

» La distinction entre les deux éléments des bois avait été faite déjà par les physiologistes, et en particulier d'une manière très précise par M. Mohl; mais on ignorait leur vraie nature.

» On serait conduit, par les expériences de M. Payen, à cette conséquence remarquable, que le tissu des cellules aurait la même composition que l'amidon, et qu'il serait le même dans les ovules, les fruits, tels que les concombres, les moelles et les bois les plus durs; que dans les bois, ces cellules seraient plus ou moins engorgées d'une matière spéciale, qui serait le ligneux proprement dit.

» Avant d'admettre cette généralité, il convient pourtant que l'auteur examine avec attention la matière qui forme les cellules des feuilles; matière qui semble offrir très souvent une altérabilité qui la distinguerait du tissu cellulaire des moelles.

» Nous l'engageons aussi à soumettre à l'analyse quelques faisceaux vasculaires bien isolés des tissus environnants, et tels que certaines plantes peuvent lui en fournir en quantité suffisante.

» M. Payen établit donc très nettement, dans son Mémoire, la distinction entre le tissu isomère avec l'amidon et le ligneux proprement dit. Le premier résiste à beaucoup d'agents qui attaquent l'autre d'une manière énergique. Il tire de ses observations l'explication de quelques pratiques industrielles.

» Ce premier Mémoire sur les matières ligneuses ne peut être considéré que comme le prélude d'une longue suite de recherches dont l'auteur s'occupe avec activité, et dont les résultats auront une grande importance pour la science. Mais les faits déjà reconnus par M. Payen, rectifient nos idées sur deux points importants de l'histoire du ligneux; et dès le premier pas, l'auteur, déjà exercé aux travaux de ce genre par ses belles recherches sur l'amidon, est entré en plein dans le cœur de la question. Nous avons constaté par nous-mêmes l'exactitude de ses analyses et celle des principales réactions qu'il a observées.

» Nous venons donc réclamer en faveur de son Mémoire, une décision de l'Académie, qui lui assigne une place dans le *Recueil des Savans étrangers.* »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

Rapport sur un Mémoire de M. Boussingault*, intitulé : Recherches chimiques sur la végétation.*

(Commissaires, MM. Thénard, Pelouze, Dumas rapporteur.)

« Nous avons été chargés, MM. Thénard, Pelouze et moi, de rendre compte à l'Académie du dernier travail de M. Boussingault relatif aux phénomènes chimiques de la végétation et à la discussion de la théorie des assolements.

» Il y a long-temps déjà que l'auteur avait communiqué les principaux faits contenus dans ce Mémoire à votre rapporteur, et l'Académie comprendra que cette circonstance méritait d'être mentionnée, car elle prouve que M. Boussingault procède aux recherches qu'il a communiquées à l'Académie depuis quelque temps d'après un plan d'idées arrêté de longue main.

» Parmi les conquêtes de la philosophie moderne il faut placer au premier rang ces admirables lois qui ont fixé le rôle de l'eau, de l'air et de l'acide carbonique dans le développement des plantes ou des animaux. La chimie moderne pouvait seule découvrir cette suite de réactions merveilleuses dont le balancement assure la stabilité de la composition de l'atmosphère, et par suite l'existence même des plantes ou celle des animaux à la surface de la terre.

» Mais ce que l'on sait à ce sujet, on l'a appris à l'aide des méthodes anciennement employées et qui excluent l'application de la balance, seul procédé qui puisse conduire néanmoins à des résultats d'une précision convenable pour faire disparaître tous les doutes.

» C'est là le caractère des recherches de M. Boussingault. Il a introduit l'emploi de la balance dans l'étude des questions de physiologie générale qu'il voulait étudier; il a cherché à former pour chacune d'elles une équation où mettant d'un côté toutes les matières employées et de l'autre toutes les matières produites, il pût se rendre un compte exact des mutations éprouvées par chaque élément pendant la durée de l'expérience.

» Ainsi, quand l'auteur veut reconnaître l'influence de l'eau, celle de l'air sur une plante, il la met en vases clos en rapport avec ces deux substances bien purifiées, et il fait l'analyse élémentaire de la plante avant et après son introduction dans cet appareil qui la dérobe à toute influence étrangère.

» Il a reconnu ainsi que certaines plantes empruntent beaucoup d'azote à l'air, tandis que d'autres ne lui en prennent pas; fait fort étrange mais néanmoins bien propre à jeter un grand jour sur le rôle des engrais dans la culture en grand.

» Il a constaté que les plantes, indépendamment de l'eau qu'elles fixent, s'approprient aussi de l'hydrogène, c'est-à-dire qu'il a constaté la décomposition de l'eau pendant l'acte de la végétation, de même qu'on avait déjà constaté celle de l'acide carbonique.

» Enfin, il a vérifié la fixation de carbone emprunté à l'acide carbonique de l'air, et ici il s'est borné à contrôler par la balance un fait reconnu par d'autres méthodes.

» L'Académie comprend que ses Commissaires ne peuvent vérifier des expériences de cette nature; elles exigent un temps et des soins dont nous ne pouvons disposer.

» Mais nous devons à l'Académie de nous prononcer sur le mérite de la méthode et nous ne craignons pas de le faire de la manière la plus nette. M. Boussingault a fait une application fort heureuse et pleine d'avenir des méthodes de l'analyse organique à l'étude des lois qui régissent les rapports des plantes et des animaux, soit entre eux, soit avec l'air et l'eau.

» Il y a eu quelque hardiesse à se jeter dans cette voie nouvelle, car en discutant la probabilité de la décomposition de l'eau par les plantes, M. Berzélius disait naguère : « Il est probable que l'on ne pourra jamais » constater le mérite de cette hypothèse, car il est impossible de faire les » expériences de manière à ce que leurs résultats deviennent décisifs. » Il est évident que l'illustre chimiste suédois n'avait en vue que des expériences de courte durée, et tout l'art de M. Boussingault a consisté à les rendre assez longues pour que les différences qu'elles devaient faire naître devinssent très saillantes. Mais l'opinion de M. Berzélius prouve qu'il y avait là une méthode expérimentale à saisir et l'auteur nous semble l'avoir découverte.

» Des phénomènes qui se passent quand une plante réduite à l'air et à l'eau pour toute nourriture végète sous une cloche, à ceux que l'on doit observer en plein champ, il y a un pas difficile à franchir, car il ne s'agit pas moins que du rôle des engrais.

» L'auteur a abordé cette question délicate par la méthode générale déjà indiquée.

» Il forme une équation dont le premier membre renferme les éléments

des engrais, ceux des semences et un troisième terme dont la valeur est inconnue, tandis que le second membre contient les éléments des récoltes. Il cherche ce que l'air ou l'eau ont dû fournir pour compléter l'équilibre, car la récolte dépasse généralement de beaucoup le poids des éléments de la semence et des engrais. Ainsi, ce troisième terme, dont la valeur est inconnue, représente ce qui est fourni par l'eau ou l'air, c'est-à-dire par les engrais qui ne coûtent rien à l'agriculteur. Et toutes choses égales d'ailleurs, suivant qu'il s'élève ou s'abaisse, on peut juger si une culture est favorable ou onéreuse.

» L'auteur a donc pesé le fumier et les semences et il a cherché par des analyses nombreuses à se rendre compte de la quantité et de la nature des éléments que renfermaient ces deux corps.

» D'un autre côté, il a pesé de même toutes les récoltes et il a fait leur analyse exacte.

» Puis il a traduit tous ses résultats de manière à confronter les éléments communs, et il est parvenu aux conséquences suivantes :

» En général les récoltes renferment deux fois plus de carbone que les semences ou les engrais;

» En général aussi, elles contiennent deux fois plus d'hydrogène, dont une portion a été fixée indépendamment de la fixation de l'eau ;

» En général, enfin, elles contiennent moitié en sus de l'azote que la semence ou l'engrais pouvaient fournir à la plante.

» Mais quand on étudie la culture du topinambour qui est si répandue en Alsace, où l'auteur exploite une ferme importante, on voit que la quantité de carbone est quintuplée et que celle d'azote est doublée, de sorte qu'on peut dire que parmi les cultures étudiées par l'auteur, celle du topinambour est la plus productive; car c'est celle qui emprunte le plus de carbone et d'azote aux éléments de l'air, engrais qui ne coûte rien.

» D'un autre côté, la culture du froment sur jachère fumée est celle qui produit le moins; car on retrouve dans la récolte l'azote en quantité presque égale à celle que la semence et l'engrais renfermaient.

» Bien entendu que si l'auteur admet que tous les éléments de l'engrais ou de la semence passent dans la récolte, c'est seulement pour se placer dans le cas où leur effet serait porté au maximum. L'influence qu'il attribue à l'air et à l'eau est donc évaluée au plus bas, et elle est déjà fort grande comme on voit, puisque par hectare de terre les topinambours empruntent à l'air plus de 13000 k. de charbon et de 130 k. d'azote.

» Il nous semble impossible que l'auteur se soit trompé sur le sens de

ces phénomènes; quant à la valeur exacte des rapports qu'il cherchait à découvrir, il faudra plus d'une série d'expériences pour la faire connaître. Mais ces expériences sont longues, minutieuses, pénibles, et votre Commission n'hésite point à encourager l'auteur à les poursuivre et à les varier, jusqu'à ce qu'il ait fondé sur des faits certains la théorie des assolements.

» L'Académie remarquera toute la réserve de la Commission en ce qui regarde les faits. Cette réserve nous est commandée par la nature des expériences et la difficulté de leur vérification.

» Mais autant nous évitons de nous prononcer à cet égard, autant nous sommes portés à dire de la manière la plus précise, que nous regardons la méthode imaginée par M. Boussingault comme étant la seule qui puisse conduire à une discussion sérieuse de la valeur des divers assolements; et si la méthode est bonne, la certitude des résultats auxquels elle peut conduire n'est plus qu'une affaire de temps et de patience.

» Ainsi les expériences de M. Boussingault embrassant l'action des plantes sur l'eau, sur l'air et sur les engrais, celle des animaux sur les aliments et sur l'air lui-même tendent à fonder sur des analyses correctes la véritable statique des animaux et des plantes, et ce ne sera pas là le moindre des services qu'aura rendus le procédé d'analyse organique découvert il y a vingt ans par MM. Gay-Lussac et Thénard.

» Ses recherches s'accordent avec le fait connu que les plantes décomposent l'acide carbonique, s'approprient le carbone et rendent l'oxigène à l'air, tandis que les animaux convertissent de nouveau ce carbone en acide carbonique;

» Que les plantes décomposent l'eau, s'approprient l'hydrogène et rendent sans doute aussi son oxigène à l'air; tandis que les animaux herbivores convertissent de nouveau cet hydrogène en eau;

» Que certaines plantes s'approprient l'azote de l'air tandis que d'autres n'en empruntent point à cette source.

» De ces conséquences, la première était acquise à la science, mais la seconde et la troisième seraient nouvelles et de la plus haute importance.

» Nous le répétons, votre Commission n'a pu constater par elle-même des faits de cette nature, elle a dû chercher seulement si les méthodes étaient propres à les mettre en évidence, et à cet égard elle n'hésite point à dire que M. Boussingault a imaginé un système d'expérimentation d'une exactitude convenable, et qu'il a fait une application nouvelle et importante de l'analyse organique à la solution des questions les plus élevées de l'agriculture.

» En conséquence nous avons l'honneur de proposer à l'Académie de décider que le Mémoire de M. Boussingault sera admis à faire partie du recueil des *Savans étrangers.* »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'un membre pour la Commission administrative, en remplacement de M. Poinsot, dont l'année est expirée, et qui peut être réélu. Le nombre des votants est de 45.

Au premier tour de scrutin,

M. Poinsot obtient.	36 suffrages.
M. Gay-Lussac.	3
M. Lacroix.	2
M. Beudant.	1
M. Coriolis.	1

Il y a deux billets blancs.

M. **Poinsot** est en conséquence déclaré membre de la Commission administrative pour l'année 1839 (sections mathématiques).

L'Académie procède également, par voie de scrutin, à l'élection d'un second membre, en remplacement de M. Huzard, décédé.

Au premier tour de scrutin,

M. Beudant obtient.	21 suffrages.
M. de Mirbel.	11
M. Double.	8
M. Duméril.	3
M. Cordier.	1
M. Brongniart.	1

Aucun membre n'ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un second tour de scrutin.

A ce second tour,

M. Beudant obtient.	33 suffrages.
M. de Mirbel.	10
M. Al. Brongniart.	1

M. **Beudant** est en conséquence déclaré membre de la Commission administrative pour le 1[er] semestre de 1839 (sections physiques).

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mémoire sur les applications théoriques et pratiques des propriétés du tissu élémentaire des végétaux; par* M. PAYEN. — (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Magendie, Dutrochet, Pelouze.)

« Les parties des plantes où ce tissu se trouve le plus rapproché de l'état de pureté, outre tous les organes très jeunes, sont les *moelles*, les *poils*, la *masse succulente ou charnue des fruits*, et des *racines* rapidement développées, enfin les divers tissus ligneux très légers.

» Les poils qui constituent les fibrilles textiles du coton, se trouvent en abondance à la portée de tous les expérimentateurs, il suffit pour se les procurer purs, de plonger un tissu de coton blanchi dans l'acide chlorhydrique; dès que quelques fibrilles se détachent, on agite, et tout le tissu désagrégé devient pulvérulent; le précipité, lavé par l'ammoniaque et l'eau, offre sous le microscope, les poils déchirés exempts de matières étrangères.

» Desséchés, ils se dissolvent à froid sans coloration, dans l'acide sulfurique concentré: ils sont alors convertis en *Dextrine*.

» L'auteur s'est assuré de cette transformation, d'abord par l'action de la lumière polarisée, à l'aide des appareils de M. Biot, qui a vérifié ces résultats au Collége de France.

» M. Payen a ensuite déterminé les autres caractères de la dextrine, dans le produit isolé de l'acide à l'aide d'une saturation par la baryte, comme dans la substance du tissu désagrégé et rendue soluble par la soude; il en a opéré des combinaisons avec les bases, combinaisons qui lui ont permis de constater son poids atomique.

» La Xiloïdine produite par la réaction de l'acide azotique concentré, sans dégagement de gaz, a offert un autre moyen de vérification et permis de suivre les phénomènes successifs qui arrivent pendant le changement en Xiloïdine de la toile épurée.

» Ces différents résultats ont permis de conclure que le tissu des plantes offre un cas d'isomérie avec la substance amylacée, de même que celle-ci est isomère de la dextrine; ces trois produits diffèrent entre eux par des états remarquables d'agrégation qui modifient beaucoup leurs propriétés physiques.

» L'agrégation, si forte dans les membranes végétales, explique leur résistance aux réactions physiques si fréquentes qui ont lieu durant les phénomènes d'endosmose et d'exosmose, dans les tissus vivants des plantes.

» En comparant la composition de la matière amylacée du périsperme des céréales avec celle des radicelles, tigellules et folioles produites par la germination, l'auteur montre comment la disparition de la première s'explique par la formation des tissus développés à ses dépens.

» M. Payen décrit ensuite les caractères et les réactions chimiques qui établissent une distinction précise entre les tissus purs, contenant le moins de carbone, et les tissus plus ou moins incrustés qui renferment le plus de charbon et en outre de l'hydrogène en excès. Ces bases lui servent à démontrer les effets principaux d'une foule de phénomènes anciennement ou rècemment observés: par exemple, l'emploi de l'hydrogène fixé dans la végétation; l'espèce d'altération qui désagrége les bois dans la pourriture sèche, et qui, éliminant la plus grande partie de la matière incrustante, réduit les cellules fibreuses désagrégées presqu'à l'état de membranes minces élémentaires; elles montrent en quoi consistent les différences entre le blanchîment des tissus de chanvre et ceux de coton.

» Combinant les résultats de ses nouvelles investigations avec ceux de plusieurs autres de ses Mémoires antérieurs, l'auteur donne l'interprétation des faits chimiques qu'il a observés dans le blanchîment des toiles et fils de chanvre, de lin et de coton. Ces derniers contenant moins de substance azotée et moins de matière incrustante, sont bien plus rapidement épurés et blanchis. Dans la destruction des arbres et charpentes par les insectes, l'auteur montre que les substances azotées et la matière incrustante sont attaquées de préférence aux membranes du tissu végétal; il déduit encore de ses observations et analyses comparées, que les principaux moyens de conservation pour les bois, ont pour principale action une sorte de tannage appliqué à ces substances azotées découvertes par lui à la superficie de toutes les membranes végétales, dans les méats intercellulaires et les vaisseaux séveux.

» M. Payen termine son Mémoire par des considérations sur la nutrition des plantes : il montre qu'indépendamment des matières susceptibles de fournir les principes assimilables pour la formation des tissus, dans la généralité des cas, en économie rurale, ce sont les débris riches en produits azotés qui ont le plus de valeur : les autres se trouvent presque partout en proportion suffisante ou en excès dans les sols cultivés. Enfin, il indique

une application qu'il vient de faire de ses observations pour prouver que le gluten ne constitue pas un tissu dans le périsperme des blés, qu'il est au contraire enfermé lui-même dans les cellules spéciales dont le siége est dans une couche rapprochée de la superficie enroulée du périsperme; ce qui s'accorde avec les effets qu'il a constatés dans les trois principaux systèmes de mouture en usage maintenant.

» A l'appui de cette communication, M. Payen dépose divers produits, notamment les fibrilles épurées du coton, les tissus de chanvre dégageant du gaz hypo-azotique, dans l'acide nitrique; le tissu élémentaire converti en dextrine, la toile en totalité ou en partie convertie en xiloïdine, et des tissus débarrassés de ce produit par la potasse; enfin un grand nombre d'échantillons de diverses parties d'un boisage de mine en bois de plusieurs essences, notamment de chêne, cerisier, aulne, acacia. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

EMBRYOGÉNIE. — *De l'organisation du vitellus des oiseaux; par* M. **Pouchet**.

(Commissaires, MM. de Blainville, Flourens, Dutrochet.)

« Ce Mémoire, dit l'auteur, fait suite à celui que j'ai précédemment soumis au jugement de l'Académie, et qui a pour objet l'étude de l'œuf des mollusques. Mes nouvelles recherches me semblent avoir pour résultat de prouver :

» 1°. Que le vitellus n'est point un fluide, mais un corps organisé formé de vésicules subglobuleuses, offrant l'aspect de polyèdres à cause des pressions qu'elles éprouvent, et dont le diamètre varie de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ de millimètre;

» 2°. Que ces vésicules, qui composent presque toute la masse, contiennent entre elles d'autres vésicules plus petites et des gouttelettes d'huile;

» 3°. Que dans l'intérieur de ces vésicules on trouve un fluide contenant des granules doués d'un mouvement extrêmement remarquable. »

PHYSIOLOGIE. — *Observations et expériences sur la myopie native ou acquise; sur la presbytie consécutive à la dilatation permanente de la pupille*, etc.; *par* M. **Bourjot**.

(Adressé pour le concours au prix de Physiologie expérimentale.)

GÉOMÉTRIE APPLIQUÉE. — *Nouvelle échelle destinée à donner immédiatement et sans calcul la mesure des surfaces planes à contour rectiligne; par* M. **Piccard.**

(Commissaires, MM. Puissant, Sturm.)

L'auteur annonce que la construction de cette échelle repose sur un nouveau théorème de géométrie élémentaire dont il se propose de donner l'énoncé et d'indiquer les applications dans un prochain Mémoire.

CORRESPONDANCE.

M. **Biot** annonce qu'il a été chargé par M. **de Dombasles** de présenter à l'Académie un Mémoire ayant pour titre : *Des forêts considérées relativement à l'existence des sources.*

M. **Longchamp** présente quelques remarques ayant pour objet d'établir ses titres à la priorité d'invention relativement à un *nouveau procédé de fabrication de gaz pour l'éclairage;* priorité qui lui est contestée par M. *Selligues.*

(Renvoi à la Commission pour le Mémoire de M. Selligues.)

M. **Keene** demande de nouveau à l'Académie de faire examiner ses procédés d'éclairage.

Lorsque M. Keene aura adressé une description de ses procédés, sa Note séra renvoyée à l'examen d'une commission.

M. **Maravigna** prie l'Académie de hâter le rapport qui doit être fait sur deux Mémoires qu'il a présentés, et qui ont pour titre : l'un, *Rapports du Basalte et de la Tephrine;* l'autre, *Monographie de la Célestine de Sicile.*

La séance est levée à 5 heures. F.

Errata.

(Séance du 31 décembre 1838.)

Page 1157, 17e ligne en remontant, à la ration d'avoine, *lisez* à la ration d'entretien

(Séance du 7 janvier 1839.)

Commission nommée pour le Mémoire de M. *Longchamp, lisez* pour les précédents Mémoires de M. Selligues

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 1er.

Administration du département de la Seine. — Comptes de 1836 *et Budgets de* 1838, in-4°.

Compte général des Recettes et Dépenses de la ville de Paris pour l'exercice 1837, *clos le* 30 *juin* 1838, in-4°.

Mémoire sur l'Amidon, considéré sous les points de vue anatomique, chimique et physiologique; par M. PAYEN ; in-4°.

Des Engrais. — Théorie actuelle de leur action sur les Plantes; par le même ; in-12.

Notice sur les travaux de Chimie agricole de M. PAYEN ; in-4°.

Recherches d'Anatomie microscopique; par M. MANDL (*Liquides organiques*) ; 1re livraison (*Pus et Mucus*); 2e livraison (*Sang*); in-fol.

Expériences sur le tirage des voitures, faites en 1837 *et* 1838, *par* M. MORIN ; 1839, in-4°.

Recherches médico-légales sur l'incertitude des signes de la Mort, etc.; par M. JULIA DE FONTENELLE ; Paris, 1834, in-8°.

Species général ou Iconographie des Coquilles vivantes; par M. KIENER ; 32e liv. in-4°.

Galerie ornithologique d'Oiseaux d'Europe ; par M. D'ORBIGNY ; 43e liv., in-4°.

Histoire naturelle des îles Canaries; par MM. WEBB et BERTHELOT ; 36e liv, in-4°.

Annales maritimes et coloniales; 23e année, décembre 1838, in-8°.

Annales françaises et étrangères d'Anatomie et de Physiologie; 2e année, n° 6, déc. 1838, in-8°.

Notice historique sur la vie, les travaux, les opinions médicales et philosophiques de M. Broussais; par M. DE MONTÈGRE ; Paris, 1839, in-8°.

Éclaircissements sur la destination de trois Zodiaques antiques ; par M. DE BRIÈRE ; Paris, 1838, in-4°.

Répertoire de Chimie scientifique industrielle; tome 5, 1838, n° 12.

Revue zoologique de la Société Cuviérienne; n° 12, décembre 1838, in-8°.

Flora Batava; 115e livraison, in-4°.

Ueber den.... *Sur la structure intime et les formes des Tumeurs pathologiques; par* M. JEAN MULLER; (en 2 livraisons), 1re livraison in-fol.; Berlin, 1838, avec 4 planches.

Bericht ueber.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication;* novembre 1838, in-8°.

Fisica.... *Physique des corps pondérables, ou Traité de la constitution générale des Corps; par* M. A. AVOGADRO; Turin, 1837, in-8°.

Di un raro.... *Sur un cas rare de Paralysie; par* M. LOUIS RICCARDI; Naples, 1838, in-4°. (Extrait de la 33e livraison des *Annales civiles.*)

Dialoghi.... *Dialogues entre un vaccinateur et un père de famille sur la Variole des personnes vaccinées; par* M. JOSEPH RICCARDI; Naples, 1838, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 12, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 4—6, in-4°.

Écho du Monde savant; 6e année, n° 403.

L'Expérience, journal; année 1839, n° 2.

La France industrielle, journal; n° 80.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JANVIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur l'ancienneté des Édentés terrestres à la surface de la terre; par* M. DE BLAINVILLE. — (Extrait.)

« M. de Blainville, dans ce Mémoire, s'occupe du sous-ordre des Édentés terrestres, en suivant la marche qu'il a adoptée pour les Singes, les Chauve-Souris et les Carnassiers insectivores, dans les Mémoires précédemment lus à l'Académie; c'est-à-dire qu'après avoir fait l'histoire de la partie de la zoologie qui les regarde, il traite successivement des principes de leur classification, de leur distribution géographique actuelle, et enfin, des traces indirectes ou directes qu'ils ont laissées à la surface de la terre.

» Sous le premier point de vue, un seul des Édentés terrestres ayant à peine été mentionné par Élien, sans doute d'après un historien de l'expédition d'Alexandre, on devait s'attendre que la connaissance des espèces, leurs rapports naturels, leur groupement en un ordre distinct, n'ont pu avoir lieu que fort tard. En effet, après l'introduction successive dans la science des espèces de Tatous par Belon et Monardès, et du nom géné-

rique *Dasypus* par Recchi, des Fourmiliers par Marcgrave et Nieremberg qui a imaginé le nom de *Myrmecophaga;* des Pangolins par l'Écluse; par Kolbe, du Fourmilier du Cap, nommé plus tard Oryctérope, par M. E. Geoffroy; c'est Buffon qui le premier les a rapprochés convenablement; c'est Linné qui les a constitués en un ordre particulier sous le nom d'*Agriæ* d'abord, puis sous celui de *Bruta*, que Blumenbach a purgé de tout ce qu'il contenait d'hétérogène, et qui a même imaginé le nom d'Édentés, en les plaçant à la fin des mammifères onguiculés; ce qui a été imité depuis par la plupart des zoologistes, en confondant ou non dans cet ordre les Paresseux, et même les Édentés ornithodelphes, à l'imitation de M. Desmarest.

» Passant ensuite aux principes de la classification de ce groupe, M. de Blainville, conséquent à celui qu'il a suivi pour les ordres précédents, que c'est après la considération du produit de la génération, l'appareil locomoteur de plus en plus quadrupède et digitigrade qui doit servir à mesurer le degré d'éloignement de l'espèce humaine, servant de type et le plus exclusivement bipède et complétement plantigrade; il montre que les Édentés, dont il retire les Paresseux pour les ranger parmi les *Primates*, comme l'avait d'abord fait Linné, doivent être placés avant les Carnassiers proprement dits, et, par conséquent, après les Insectivores, ayant comme eux des clavicules, cinq doigts aux deux paires des membres, et les mains comme les pieds s'appliquant complétement sur le sol. D'où il conclut que leur disposition doit être des Oryctéropes, passant par les Tatous, les Pangolins, et se terminant par les Fourmiliers, les plus rapprochés des Édentés aquatiques ou Cétacés, qui doivent suivre d'après lui.

» La distribution géographique de ces animaux, dont s'occupe ensuite M. de Blainville, est fort simple, puisqu'ils appartiennent exclusivement aux contrées les plus chaudes des deux continents; mais chaque genre étant limité à l'un ou à l'autre, comme Buffon l'avait déjà parfaitement reconnu il y a près d'un siècle, et l'un et l'autre possédant un genre incomplétement édenté, l'Oryctérope en Afrique, les Tatous en Amérique, et un genre tout-à-fait édenté, les Pangolins dans l'ancien monde, et les Fourmiliers dans le nouveau.

» Quant aux traces que les Édentés ont laissées à la surface de la terre, et qui ne consistent absolument qu'en ossements fossiles, M. de Blainville n'a encore parlé dans ce Mémoire que des Tatous, contenant le Megatherium et quelques autres espèces voisines.

» Dans l'histoire du squelette gigantesque de Madrid que M. G. Cuvier a désigné sous ce nom de Megatherium, M. de Blainville est entré dans des détails circonstanciés, pour montrer comment après avoir parfaitement senti les rapports de cet animal avec les édentés véritables, comme l'avait fait Roume, on s'en était considérablement éloigné en se laissant guider par des principes erronés, quoique spécieux, au point qu'on était arrivé à en faire une espèce de Paresseux ou de Bradypus, et, par conséquent, se nourrissant de substances végétales, et grimpant peut-être aux arbres, ce qui a fait dire de bonne foi à un paléontologiste récent, que les arbres étaient alors de dimensions proportionnelles. Cependant, à défaut des déductions scientifiques, de nouvelles découvertes d'ossements de Megatherium accompagnés de fragments de carapace provenant indubitablement du même animal, outre celles d'ossements d'autres espèces de Tatous intermédiaires pour la taille au Megatherium et au Tatou géant actuellement vivant, ne permettent plus de ne pas reconnaître que le Megatherium appartenait à ce genre. Après avoir montré par une description des ossements fossiles avec leurs analogues chez le Paresseux et le Tatou, que les principes scientifiques seuls devaient suffire pour démontrer que le Megatherium, même tel qu'on le connaissait d'après les figures données par Bru, et en admettant que le squelette de Madrid soit convenablement restitué, ce qui lui semble toutefois plus que douteux (1), n'avait aucun rapport avec le premier, et, au contraire, en avait beaucoup avec le second. M. de Blainville termine son Mémoire par les conclusions suivantes :

» 1°. Il a existé dans l'Amérique, et surtout dans l'Amérique australe, dans toute l'étendue des vastes plaines qui, des montagnes méridionales du Brésil et de tout le versant oriental des Cordilières, s'étendent jusqu'à la mer, un quadrupède de taille gigantesque, comparativement surtout avec celle des animaux actuellement existants dans ce pays, puisqu'il avait environ 10 pieds de long sur 8 de haut, et par conséquent de la taille d'un médiocre éléphant.

» 2°. Cet animal n'avait absolument aucun rapport un peu important avec le Paresseux, quoique l'exagération de l'idée de M. G. Cuvier à ce

---

(1) M. Larrey, qui a eu l'occasion de voir ce Megatherium, lors de son séjour à Madrid, en 1808, a en effet assuré à M. de Blainville qu'il y avait peu de confiance à avoir à la manière dont les pièces qui constituent ce squelette ont été assemblées.

sujet ait été portée au point que MM. Pander et d'Alton l'ont désigné par le nom de Paresseux géant ou de *Bradypus giganteus*.

» En effet, ni sa tête, ni son épaule, ni ses membres, ni son système digital, ni son système dentaire, ne ressemblent presqu'en rien à ce qui existe chez les Paresseux.

» 3°. Par l'ensemble de l'organisation, comme par sa forme et par la carapace ostéodermique dont il était certainement couvert, comme on peut aussi bien le prouver *à priori* qu'*à posteriori*, c'est-à-dire par la disposition des apophyses épineuses des vertèbres, de l'angle des côtes, de l'articulation de la ceinture osseuse postérieure avec la colonne vertébrale, etc., aussi bien que par le fait, c'était une espèce gigantesque de Tatou, plus voisine du Tatou chlamyphore que de tout autre, quoique celui-ci soit le plus petit du genre.

» 4°. Cependant, comme il offre des modifications d'organisation qui lui sont propres, aussi bien dans le système digital que dans le système dentaire, on conçoit très bien qu'il forme une division particulière dans le genre Tatou, puisqu'il n'avait probablement que quatre doigts en avant et cinq en arrière, et que ses dents, de forme tétragonale, toute différente de ce qu'elles sont dans les Tatous ordinaires, n'étaient qu'au nombre de quatre de chaque côté et à chaque mâchoire.

» D'après cela, il est plus que probable que ces animaux ne grimpaient pas aux arbres, qu'ils n'avaient pas de trompe, mais qu'ils avaient les mœurs et les habitudes des Tatous, et que par conséquent ils se nourrissaient de chair et peut-être aussi de racines, si ceux-ci en mangent, ce que nie cependant d'Azzara ; et que, comme eux, ils fouissaient la terre avec leurs ongles énormes, sinon pour s'y cacher, du moins pour déchirer les amas de fourmis.

» 5°. Le Megatherium paraît avoir été contemporain d'autres mammifères de grande taille qui vivaient dans les mêmes contrées, du Mastodonte à dents étroites, du Toxodon, animal nouvellement découvert par M. Darwin et décrit par M. Owen ; d'une autre grande espèce de Tatou, animaux qui ont également disparu, ou que, du moins, nous ne connaissons pas à l'état vivant.

» 6°. Il n'existe certainement plus au nombre des êtres actuellement existants, quoique la Patagonie soit encore assez incomplétement connue.

» 7°. Mais s'il a complétement et certainement disparu, il a vécu aux mêmes lieux où se trouvent exclusivement aujourd'hui toutes les espèces du genre auquel il a appartenu.

» Après avoir ainsi montré que la répugnance de M. Faujas de Saint-Fonds à voir dans un animal aussi vigoureusement charpenté que le Megatherium quelque chose de ressemblant au Paresseux, animal si lent, si misérable, etc., n'était pas trop mal fondée, malgré le peu de cas que M. Cuvier fit des observations de son confrère, M. de Blainville termine cette première partie de son Mémoire sur les Édentés terrestres, par examiner les ossements fossiles d'autres espèces de Tatous trouvés dans le même alluvium de la Plata; les uns figurés et décrits par M. d'Alton, indiquent un animal une fois plus grand que le Tatou géant actuel, tel du moins que nous le connaissons dans nos collections; les autres, rapportés par M. Darwin, annoncent deux autres espèces qui, avec la première, font, suivant M. R. Owen, cité par M. Buckland, le passage entre le Megatherium, la plus grande espèce fossile, et le *D. gigas* la plus grande parmi les vivants.

» Quant au Tatou fossile que M. Bravard, dans sa Monographie de la montagne Perrier, près Issoire, cite comme se trouvant dans le diluvium d'Auvergne, M. de Blainville se borne à dire, n'ayant pas encore vu la pièce, que cette assertion ne repose que sur un seul calcanéum, os dont l'emploi en paléontologie est très difficile et demande les plus grandes précautions, surtout lorsqu'il doit appuyer l'hypothèse qu'un genre d'animaux exclusivement limité aujourd'hui aux contrées chaudes de l'Amérique méridionale, a laissé des traces de son existence dans notre Europe septentrionale; dans ces questions difficiles, le paléontologiste doit avoir fréquemment présent à la pensée l'exemple du fameux Tapir gigantesque de M. Cuvier, et qui mieux connu, s'est trouvé être tout autre chose qu'un Tapir, presqu'en même temps que ce genre d'animaux, qu'on croyait si rigoureusement limité à l'Amérique méridionale, s'est accru d'une belle espèce de l'Asie insulaire. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'existence d'une condition physique qui assigne à l'atmosphère terrestre une limite supérieure d'élévation qu'elle ne peut dépasser; par* M. **Biot.**

L'auteur se borne à faire connaître le titre de son Mémoire, et il renvoie la lecture à la séance prochaine.

M. **Poisson** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage ayant pour titre : *Recherches sur le mouvement des projectiles dans l'air*, etc. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

MÉMOIRES LUS.

INDUSTRIE. — *Note sur la soudure du plomb, au moyen de la seule action de la flamme; par* M. **Desbassayns de Richemont.**

(Commissaires, MM. Arago, Darcet, Berthier, Gambey.)

« Les soudures de plomb sont généralement faites, comme chacun sait, au moyen d'un alliage de ce métal et d'étain, dont l'emploi présente de graves inconvénients, en raison de son peu de solidité, de la facilité avec laquelle il est attaqué par un grand nombre d'agents chimiques et du haut prix auquel reviennent les soudures. Aussi avait-on depuis long-temps cherché, pour remédier à ces défauts, à souder le plomb avec lui-même, sans alliage, et par la seule fusion; mais cette opération présentait de telles difficultés pratiques, que jamais, ou presque jamais, elle n'était exécutée dans les arts. M. Desbassayns de Richemont annonce être parvenu à les lever, en employant pour opérer la fusion du plomb, diverses espèces de dards de flamme très réductifs, et dont l'intensité est telle, que les bords extrêmes à réunir sont fondus, agglomérés et solidifiés avant que la liquéfaction ait pu s'étendre aux parties voisines. Ces dards de flamme sont particulièrement produits au moyen d'appareils portatifs, désignés sous le nom de *chalumeaux aerhydriques*, parce que les mélanges gazeux qu'ils servent à brûler se composent d'hydrogène et d'air atmosphérique. Ces instruments sont construits de manière à produire à volonté des jets de flamme de toute dimension, qui peuvent être réglés et portés à toute distance, être dirigés en tous sens.

» M. Desbassayns de Richemont décrit sommairement la manière dont les pièces à réunir doivent être dressées et les flammes réglées pour opérer les soudures. Ce point atteint, il ne reste plus, dit-il, qu'à diriger le dard de façon à ce que sa partie intérieure frappe et chauffe rapidement et à la fois deux des points voisins du fond de la gouttière. D'abord ils fondent isolément; mais bientôt étant complétement liquéfiés, ils se réunissent en un globule brillant, et l'on continue alors à diriger à volonté la fusion et l'agglomération, en attirant ou poussant la goutte fondue avec la flamme, et en nourrissant et renforçant au besoin la soudure, soit au moyen de grenaille du même métal, soit par des emprunts faits aux parties voisines.

» Telle est la manière générale d'opérer; mais elle est sujette, suivant

la position des soudures, à un grand nombre de modifications. D'ailleurs, les divers échantillons mis sous les yeux de l'Académie, semblent prouver que le procédé est applicable à des plombs de toute forme et de toute épaisseur, jusques et y compris celle d'un quart de ligne.

» Les avantages de diverses natures que ce système de soudure présente sur celui employé aujourd'hui, autorisent, dit l'auteur, à penser qu'il sera bientôt exclusivement adopté pour tous les usages de la plomberie et de la poterie d'étain; mais il sera particulièrement utile pour la confection et la réparation des chambres à acide sulfurique, et des vases et appareils en plomb de tout genre qu'emploient les différents arts chimiques.

» L'auteur signale aussi une application particulière de son procédé, qui consiste à remplacer les tourilles de grès qui servent aujourd'hui au transport des acides, et dont la rupture a occasioné des accidents si fréquents et si graves, par de simples barriques doublées intérieurement en plomb très mince, et qui seront ainsi à l'abri de toute espèce de risque. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la Phlorizine; par* M. STAS.

(Commissaires, MM. Dumas, Robiquet, Pelouze.)

Le nom de Phlorizine a été appliqué par MM. *de Koninck* et *Stas* à une nouvelle substance qu'ils ont découverte dans l'écorce de la racine de pommier. Cette substance a des propriétés qui la rapprochent à la fois de la salicine et de l'orcine.

La phlorizine étant soumise à l'influence simultanée de l'eau, de l'air et de l'ammoniaque, absorbe rapidement une grande quantité d'oxigène et se change entièrement en un corps d'une couleur bleue magnifique. Ce corps n'est autre chose qu'un sel ammoniacal produit par une matière colorante rouge, qu'on en peut aisément isoler, et qui, obtenue à l'état de pureté, jouit, comme l'indigo, de la propriété de se décolorer sous l'influence des causes désoxidantes et de reprendre sa couleur par le contact avec l'oxigène.

Cette transformation de la Phlorizine incolore en une matière colorante rouge, la Phlorizine, est tout-à-fait analogue à celle de l'orcine en orcéine, puisque cette dernière, comme l'a fait voir M. Robiquet, s'opère également sous l'influence de l'eau, de l'air et de l'ammoniaque, et sans production d'aucun autre corps.

Quelques résultats analytiques obtenus par M. Dumas, tendraient, dit l'auteur du Mémoire, à prouver que cette métamorphose de l'orcine en

orcéine peut également s'effectuer par la simple absorption d'oxigène, d'hydrogène et d'azote (ces deux derniers corps dans les proportions où ils se trouvent dans l'ammoniaque).

Sous l'influence des acides, la Phlorizine se dédouble et donne naissance à deux corps bien distincts, dont l'un est le sucre de raisin et l'autre un corps nouveau, la *Phlorétine*, matière blanche cristallisée en petites lames, d'une saveur sucrée, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'acide acétique et les alcalis.

En se transformant en Phlorétine, la Phlorizine perd du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène, dans les rapports où ces trois éléments se trouvent pour former le sucre de raisin.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

HISTOIRE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'origine de notre système de numération.*

M. *Chasles* présente à l'Académie le résultat de ses nouvelles recherches sur l'origine du système de numération décimale chez les chrétiens occidentaux, question dont il a déjà entretenu l'Académie dans sa séance du 13 mai 1838.

Le résumé de ces recherches est consigné dans un rapport à M. le Ministre de l'Instruction publique, dont M. Chasles donne communication à l'Académie. En voici la teneur :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» Vous avez eu la bonté de demander au Gouvernement Néerlandais communication de trois manuscrits de la bibliothèque de Leyde, que j'avais pensé pouvoir m'être utiles pour terminer mes recherches sur l'origine de notre système de numération. Ces manuscrits vous ont été confiés et m'ont été remis dans les bureaux de votre ministère. Je m'empresse, M. le Ministre, de vous offrir l'hommage de ma vive gratitude, et de vous annoncer que ces manuscrits présentent tout l'intérêt que je leur avais supposé, et qu'ils confirment pleinement les idées que j'ai déjà émises sur cette question.

» Cette question, M. le Ministre, se rattache sous plusieurs points de vue aux recherches historiques auxquelles vous donnez une si forte et si heureuse impulsion; car elle est elle-même une question d'histoire scien-

tifique d'un grand intérêt et qui s'agite depuis long-temps; elle se rapporte à ces temps du moyen-âge que l'institution des Comités historiques a pour but principal d'étudier et de nous faire connaître; et enfin elle intéresse particulièrement notre histoire nationale, car je ferai voir que c'est en France que s'est cultivé et perfectionné, aux xe et xie siècles, cet admirable système de numération devenu maintenant celui de toute l'Europe.

» Par ces considérations, je remplis un devoir envers vous personnellement, M. le Ministre, et envers le Comité des sciences, qui m'a fait l'honneur de me proposer à votre nomination comme l'un de ses membres non résidents, en vous entretenant un peu longuement du résultat de mes recherches sur cette question.

» Depuis 300 ans on a beaucoup agité cette question dans le monde littéraire et savant. Dasypodius, J. Scaliger, Gérard-Jean et Isaac Vossius, Beveregius, Kircher, Daniel Huet, Wallis, Ed. Bernard, D. Calmet, Weidler, Ward, les Bénédictins, auteurs du *Nouveau Traité de diplomatique;* Bayer, Gatterer, un anonyme auteur d'une savante dissertation insérée dans le recueil intitulé : *Raccolta d'opuscoli scientifici*, de Venise (ann. 1753), Andrès, Hervas, Villoison, Mannert, Montucla, Hager, J. Leslie, M. de Humboldt, M. de Paravey, et en dernier lieu M. Libri, l'ont traitée spécialement; et beaucoup d'autres auteurs, sans y consacrer des dissertations spéciales, ont exprimé néanmoins des opinions plus ou moins développées, tels que Mabillon, Targioni, Tiraboschi, Costadau, Papebrock, Nicolaï, D. Nassare, Rudbec, Brixhorne, Bessel, abbé de Godwic; Jones, Robertson, Gibbon, Fumagalli, Cossali, Toderini, Signorelli, Ximenès, Grimaldi, Zacharria, Buttner, Caylus, Meerman, Adler, Delambre, Colebrooke, etc.

» Ce grand nombre d'écrivains devait produire des opinions très diverses. Aussi chaque peuple a trouvé des partisans pour lui attribuer l'honneur de nous avoir communiqué nos dix chiffres et l'art de s'en servir. Les Grecs et les Latins, les Arabes et les Indiens ont eu les leurs; de même les Carthaginois, les Scythes, les Chinois, les Égyptiens et les Phéniciens. Mais c'est principalement entre les Grecs et les Latins, d'une part, et les Arabes et les Indiens, de l'autre, que le débat s'est engagé bien vivement et bien sérieusement. La croyance vulgaire et le sentiment presque unanime des érudits sont en faveur des Arabes et des Indiens; cependant des noms célèbres, Isaac Vossius, Huet, Weidler, etc., sont pour les Grecs.

» Les premiers allèguent deux faits qui paraissent bien significatifs, savoir : d'abord que, dès le XIIIe siècle, nos Traités d'arithmétique vulgaire attribuaient cette science aux Arabes et aux Indiens; et ensuite, qu'il est bien constant qu'en effet, depuis plusieurs siècles, ces peuples de l'Orient étaient en possession de ce système de numération. Ces deux faits acquièrent encore une grande autorité de cette circonstance, que c'est précisément vers l'époque de nos communications avec les Maures d'Espagne que cette méthode de calcul paraît s'être répandue en Europe. Mais on diffère sur l'époque précise. Les uns pensent que Léonard Fibonacci de Pise est le premier qui nous ait enseigné cette méthode dans son Traité de l'*Abbacus* mis au jour en 1202; d'autres en font remonter l'introduction en France à l'époque de Gerbert (le pape Silvestre II) qui l'aurait rapportée d'Espagne.

» Les partisans des Grecs se fondent sur un passage de la géométrie de Boèce qui décrit un système particulier de numération qu'il attribue à Pythagore. Ils pensent que ce système est le même que le nôtre, dont conséquemment nous serions redevables aux Grecs.

» Les premiers, au contraire, ne veulent rien voir dans les paroles de Boèce qui puisse se rapporter à notre système de numération, ni surtout à cet ingénieux principe de la valeur de position qui en fait le caractère principal. Ils conviennent, du reste, que les Romains ont pu avoir quelques signes d'abréviation, tels que les notes de Tiron, pour écrire les grands nombres, et que le passage de Boèce peut rouler sur quelque chose de semblable.

» Le passage de Boèce est donc, depuis deux siècles, l'origine et l'âme du débat. Et ce débat s'est prolongé aussi long-temps, parce que ce passage a présenté une obscurité toujours impénétrable, et que personne n'en a donné une explication littérale, telle quelle, dans un sens ou dans un autre. Aussi l'on s'est mépris de part et d'autre sur sa signification : les uns en y voyant notre système de numération complet avec le zéro; les autres en refusant d'y voir le principe de la valeur de position des chiffres.

» Cette obscurité du texte de Boèce paraissait devoir laisser le champ libre aux partisans des Arabes et des Indiens, et leur donner gain de cause; tellement que des ouvrages spéciaux traitant de l'origine des systèmes de numération chez tous les peuples, ouvrages d'une profonde érudition, dus à des auteurs célèbres, tels que Hervas (*Aritmetica delle nazioni*), J. Leslie (*The philosophy of Arithmetic*), et l'illustre M. de

Humboldt (*Sur les systèmes de numération des différents peuples*, etc., en allemand), n'ont plus fait mention de ce passage de Boèce, ni de l'opinion des écrivains qui avaient cru y voir notre système de numération.

» Tel était, je crois, l'état de la question, quand j'ai eu à rendre compte de la géométrie de Boèce dans mon *Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie.* Ma curiosité s'est portée naturellement sur ce fameux passage qui avait été le sujet de tant de savantes controverses infructueuses. L'étude que j'en ai faite dans un manuscrit plus correct que les éditions de 1492 et 1570, m'a conduit à une explication littérale du texte, d'où sont découlées les conclusions suivantes :

» 1°. Que la *table de Pythagore, Mensa pythagorica,* dont parle Boèce, que les Modernes, dit-il, ont appelée *Abacus,* n'est point la *table de multiplication*, comme on l'a pensé jusqu'ici;

» 2°. Que ce mot *Abacus* signifie, chez Boèce, un *tableau* particulier préparé pour la pratique de l'Arithmétique dans le système de numération dont il parle;

» Et 3°. Que ce système reposait sur ces trois principes : la *progression décuple*, l'usage de *neuf chiffres*, et la *valeur de position* de ces chiffres.

» De sorte que ce système de Boèce ne différait de notre système actuel que dans la pratique et en un seul point, l'absence du *zéro.* Cette figure auxiliaire y était suppléée par l'usage de *colonnes* tracées sur le *tableau*, qui, en marquant distinctement les différents ordres d'unités, permettaient de laisser la place vide partout où nous mettons un zéro.

» Je fis voir ensuite que ce système de numération s'est conservé pendant plusieurs siècles, en prenant lui-même le nom d'*Abacus* que Boèce avait appliqué au *tableau* qui lui est propre;

» Et que ce système (remarque qui n'avait point encore été faite), est identiquement le même que celui qui a été cultivé aux xe et xie siècles par Gerbert et ses disciples.

» Ces résultats différaient essentiellement des sentiments émis jusque alors sur la signification du passage de Boèce, et des idées reçues au sujet des connaissances arithmétiques de Gerbert; car, sur la foi d'un passage de Guillaume de Malmesbury : (*Abacum certè primus à Saracenis rapiens.....*) on leur attribuait, depuis six à sept siècles, une origine arabe, et je leur en donnais une purement latine et occidentale.

» Dans les dissertations sur l'origine de notre système de numération, le point important que l'on a eu en vue, a été le principe de la *valeur de posi-*

tion des chiffres; car la forme de ces chiffres n'était qu'un point secondaire, et l'on s'accordait, du reste, à les regarder comme dérivés des apices de Boèce, et non des chiffres arabes ni indiens. Mon explication du passage de Boèce résout donc la question comme on l'a conçue, puisqu'elle prouve que les chrétiens occidentaux connaissaient, sous le nom de système de l'*Abacus*, l'usage des *neuf chiffres* et le principe de la *valeur de position*, long-temps avant que les Arabes eussent eux-mêmes cette connaissance qu'ils ont prise des Hindous vers le IXe ou le Xe siècle; de sorte que nous n'en étions point redevables aux Arabes, comme on l'avait prétendu.

» Mais ce système de l'*Abacus*, identique, quant aux principes, à la numération arabe, en diffère cependant dans la pratique par ses *colonnes* qui y tiennent lieu du *zéro*. Ce zéro peut donc paraître à quelques auteurs une ancre de salut qui leur permette de rattacher encore notre Arithmétique à celle des Arabes. Une question se présentait donc naturellement après mon explication du passage de Boèce et des écrits de Gerbert : *Le zéro s'est-il introduit comme perfectionnement naturel dans le système de l'Abacus, ou bien a-t-il été emprunté de l'Arithmétique arabe?*

» J'avais déjà soulevé cette question dans mon *Aperçu historique*, et j'avais présenté quelques raisons qui me portaient à croire que les disciples de Gerbert avaient eu eux-mêmes l'idée de cette figure auxiliaire, par imitation, peut-être, de l'arithmétique sexagésimale des Grecs et des Latins, où se trouve le *zéro* pour marquer la place des degrés, minutes et secondes qui manquent dans l'expression d'un nombre astronomique.

» Depuis, je me suis livré à de nouvelles recherches qui m'ont confirmé de plus en plus dans cette opinion; et c'est pour m'éclairer de tous les documents où j'espérais trouver de nouvelles preuves, que j'ai pris la liberté, M. le Ministre, de vous exprimer le désir de pouvoir consulter trois manuscrits de la bibliothèque de Leyde. Ces trois manuscrits précieux m'ont offert, en effet, un grand intérêt; car, outre qu'ils ont confirmé pleinement mon opinion sur les écrits de Gerbert, et l'explication littérale que j'étais en mesure de donner de son fameux traité *De numerorum divisione*, adressé à Constantin, qui a été jusqu'ici une énigme, j'y ai trouvé un document relatif au zéro, sur lequel je comptais.

» J'avais remarqué dans un manuscrit de la bibliothèque de Chartres le *zéro* figuré deux fois à la suite des neuf chiffres, d'abord dans le tableau de Boèce, puis dans une autre pièce sur le système de l'*Abacus*. Dans cette pièce se trouvent neuf vers exprimant les noms et les valeurs numériques des neuf chiffres. Ces noms sont *igin*, *andras*, *ormis*, *arbas*, *quimas*,

calcis, zenis, temenias, et *sipos*. Ce dernier, étant dans le neuvième vers, semble s'appliquer au chiffre *neuf;* mais dans le texte, ce chiffre a toujours le nom de *celentis*. Cette circonstance m'avait suggéré l'idée que le neuvième vers devait s'appliquer au *zéro*, qui, de la sorte, aurait eu dans l'origine le nom de *sipos* (*Aperçu historique*, p. 474). La signification du vers : *Hinc sequitur sipos est qui rota namque vocatur*, favorisait cette conjecture, car il dit que *sipos* est une *roue*, un *rond*, ce qui s'applique à la forme du *zéro* figuré dans le manuscrit, et non à celle du chiffre *neuf*: et, de plus, ce vers n'exprime pas une valeur numérique pour *sipos*, comme fait chacun des autres pour les autre mots *igin*, *andras*, etc.

» Cependant, dans le tableau de Boèce du manuscrit de Chartres, les deux mots *sipos* et *celentis* sont attribués ensemble au chiffre *neuf*. Mais ce fait, contraire à mes conjectures, se trouvait neutralisé par un manuscrit de l'Université d'Altdorf où, dans ce même passage de Boèce, *celentis* s'attribue au *neuf* et *sipos* au *zéro*. [Trois manuscrits de Boèce, des Bibliothèques de Rome (Vatican, Barberini et Ottoboni) paraissent ne donner que le nom *celentis* au *neuf*, sans parler de *sipos* (Andres, *Dell' origine de' progressi d'ogni letteratura;* Parme 1782—1799; T. IV, p. 42); et dans deux traités d'Algorisme de la Bibliothèque royale, on trouve *celentis* pour le chiffre *neuf* et *cifra* pour le *zéro*.] J'étais donc fondé à regarder *sipos* comme s'appliquant au *zéro*, et à supposer que dans quelque autre manuscrit on trouverait dix vers, au lieu de neuf, ou peut-être même un traité complet de l'*Abacus* en vers, comme on avait coutume d'écrire, à cette époque, sur les matières scientifiques.

» Et en effet, un des trois manuscrits de Leyde m'a offert dix vers; le neuvième s'applique à *celentis* et au chiffre *neuf* qui est figuré à côté; et le dixième, *Hinc sequitur sipos*... ne peut s'appliquer qu'au *zéro* qui est figuré au-dessous. Ces dix vers ne font pas partie des pièces sur le système de l'*Abacus* que contient le livre; ils sont d'une autre écriture, à la suite de plusieurs signes d'abréviation en usage chez les Anciens, sur un second feuillet qui ne fait pas partie de la pagination. Cela prouve qu'ils ont été pris dans quelque autre traité de l'*Abacus* où on les trouvera sans doute. . . . .

» Il est donc bien prouvé que le zéro a été introduit dans le système de l'*Abacus* sous le nom de *sipos*. Par conséquent le nom de *cifra* qu'il a eu ensuite, et qui a paru à la plupart des auteurs qui ont traité la question une preuve décisive de son origine arabe, parce qu'ils dérivaient ce mot *cifra* du mot arabe *syfr* (*inane, vacuum, vide, rien, néant*), ce nom,

dis-je, n'a plus aucune importance, puisque *sipos* a été le premier nom du *zéro*. C'est donc *sipos* seul dont il importe de rechercher l'étymologie. Or, elle me paraît se présenter naturellement dans le mot ψῆφος, *jeton à compter* (*rond, cercle*); ou, si l'on veut conserver l'origine hébraïque qu'ont plusieurs des autres mots *igin, andras, ormis*, etc., on peut dériver *sipos* de l'hébreu *psiphas*, qui a la même signification que ψῆφος, *jeton à compter*. Cette étymologie est justifiée par ces mots : *sipos est qui rota*.....

» Ainsi, le *zéro*, qui est incontestablement de forme grecque, puisqu'on sait que les Grecs prenaient leur *omicron* pour cette figure auxiliaire, tandis que les Arabes avaient un *point* pour le même usage, et un *petit cercle*, c'est-à-dire notre zéro, pour leur chiffre *cinq*; ce *zéro*, dis-je, a eu son premier nom, *sipos*, dérivé du grec.

» Cette conclusion, Monsieur le Ministre, me paraît compléter la solution de la question de l'origine de notre système de numération, en montrant que l'usage du *zéro* s'est introduit dans notre système de l'*Abacus* sous une forme et sous un nom grecs, et sans aucune circonstance qui puisse autoriser à penser que nous avons pris l'idée de cette dixième figure dans l'arithmétique orientale.

» Une comparaison minutieuse des premiers traités d'Algorisme qui ont fait usage du zéro (aux XIIe et XIIIe siècles), avec l'arithmétique arabe, me prouve que ces ouvrages (moins ceux de Fibonacci et de Planude) dérivent des traités de l'*Abacus*, et nullement de l'arithmétique arabe. Cette circonstance et beaucoup d'autres considérations, particulièrement un passage de Fibonacci, auquel je donne un sens différent de celui qu'on lui a supposé jusqu'ici, me prouvent que notre système de numération, tel que nous le pratiquons avec le zéro, était en usage déjà, du moins parmi les savants, quand l'arithmétique arabe a pu nous être connue.

» Cette conclusion donne l'explication d'un fait bien singulier, qui se rapporte à cette arithmétique, et qui aurait dû paraître une objection peut-être insurmontable aux auteurs qui ont voulu la regarder comme l'origine de la nôtre, et en fixer au XIIIe siècle l'introduction en France; car il est remarquable que c'est dans le cours du XIIe siècle qu'ont fleuri tous les traducteurs célèbres, Adelard, Savosarda, Jean Hispalensis, Platon de Tivoli, Rodolphe de Bruges, Gérard de Crémone, qui nous ont mis en possession de toutes les connaissances mathématiques et philosophiques des Arabes, et que, parmi les nombreux ouvrages traduits à cette époque, *il ne se trouve pas un seul traité d'Arithmétique*, c'est-à-dire de

la science par où chacun aurait dû commencer, puisqu'elle était nécessaire pour comprendre la plupart des autres ouvrages qu'on traduisait; et cependant, les auteurs arabes les plus célèbres, Alkindus, Avicenne, Haly ben Ahmed, etc., dont tous les autres ouvrages passaient dans notre langue, avaient aussi écrit des traités d'Arithmétique qui existent encore, en langue arabe, dans nos bibliothèques. Non-seulement les traducteurs les ont laissés de côté, mais ils n'ont nulle part témoigné l'étonnement et l'admiration qu'aurait dû leur causer ce système de numération si parfait et si éminemment utile qu'ils trouvaient chez les Arabes. Ces faits, qu'il eût été difficile jusqu'ici d'expliquer, reçoivent maintenant une explication bien simple, c'est que les traducteurs du XII[e] siècle étaient déjà familiarisés avec le système de numération qu'ils trouvaient dans les livres arabes.

» Je n'ai parlé, M. le Ministre, des traités de l'*Abacus*, que sous le rapport du principe de la numération qui s'y trouve, savoir, la *valeur de position des chiffres*, parce que c'est là le point essentiel de mes recherches, celui qui résout la question agitée. Mais ces traités se recommandent et présentent un grand intérêt sous un autre rapport; car ils contiennent des méthodes originales et absolument inconnues depuis plusieurs siècles, pour l'une des opérations de l'Arithmétique, la *division*. Par ces méthodes on calcule directement, et sans tâtonnements, les chiffres qui doivent composer le quotient. C'est une belle et savante spéculation, qui mérite d'être connue, et qui tire un intérêt particulier de l'époque où elle était cultivée par Gerbert, et de son origine encore plus ancienne; car il n'y a point de doute qu'elle ne remonte à Pythagore, comme le dit Boèce, qui connaissait bien les ouvrages des Grecs, qu'il avait entrepris de faire passer dans la langue latine. J'espère pouvoir apporter quelques preuves à l'appui de cette assertion du philosophe romain. L'école de Pythagore accueillera la restitution de cette spéculation arithmétique, qui lui paraîtra digne de figurer à côté des autres savantes doctrines dont les sciences mathématiques lui sont redevables, et elle fera volontiers l'abandon, en retour, de cette *Table de multiplication* qu'on honorait du nom de *Pythagore*, sans autre raison qu'une interprétation erronée du texte de Boèce.

» Les trois manuscrits de Leyde donnent lieu à une remarque qui n'est pas sans quelque intérêt dans l'histoire de cette question qui a occupé tant d'auteurs; c'est qu'ils proviennent de deux illustres écrivains, J. Scaliger et Isaac Vossius, qui, l'un et l'autre, ont aussi traité la ques-

tion, et qui l'un et l'autre assurément n'ont pas fait usage des précieux documents qu'ils possédaient et qui leur en auraient pu fournir la vraie solution. L'un de ces manuscrits, qui a appartenu à Scaliger, est un in-folio sur deux colonnes, orné d'une très belle miniature, et dont toutes les pages sont couvertes de lettres en or. Cette exécution calligraphique, qui suffirait pour donner un grand prix à ce manuscrit, indépendamment des matières qu'il contient, n'a point paru à MM. les Curateurs de l'Université de Leyde, ni à M. le Ministre hollandais qui vous l'a confié, M. le Ministre, devoir être un obstacle à son déplacement. Veuillez me permettre d'exprimer ici ma vive reconnaissance pour un concours aussi bienveillant et aussi éclairé accordé aux sciences en cette occasion. »

La lettre d'envoi de M. Chasles à l'Académie contient en outre les détails suivants :

« Depuis que j'ai eu l'honneur d'adresser ce rapport à M. le Ministre, j'ai trouvé, tout récemment, de nouveaux documents à la Bibliothèque royale. Ce sont deux manuscrits du fonds de Saint-Victor, que M. Guérard, l'un de messieurs les Conservateurs de la Bibliothèque, a eu l'obligeance de rechercher et de mettre à ma disposition. Dans l'un je trouve, au milieu de différentes pièces sur le système de l'*Abacus*, les dix vers du manuscrit de Leyde; et dans l'autre, une pièce qui confirme pleinement l'induction que j'avais tirée de ces dix vers, et primitivement des neuf du manuscrit de Chartres. Cette pièce est un traité complet de l'*Abacus* avec des *colonnes*, mais faisant usage aussi du *zéro*, sous le nom de *sipos*, et plus souvent sous celui de *rotula*. Ce traité est de Radulphe, ou Raoul, évêque de Laon (*Radulphus Laudunensis*), qui a enseigné avec son frère, le célèbre Anselme, à Paris et à Laon. Cet auteur est mort en 1132. Il peut avoir écrit son *Traité de l'Abacus* vers la fin du XIe siècle. Il dit que *ce système de numération était tombé dans l'oubli chez les nations occidentales*, et que *Gerbert et Hermann l'ont remis en pratique*.

» Ce manuscrit précieux aurait pu suffire seul pour résoudre la question de l'origine de notre système de numération, et m'épargner les longues recherches qu'a nécessitées l'obscurité du passage de Boèce et des écrits de Gerbert, qui étaient les seules pièces que j'eusse d'abord à ma disposition. J'ai réuni depuis divers autres traités de l'*Abacus*, dont plusieurs sont d'auteurs connus, tels que Bernelinus, Adelard, Heriger, Gerland, et ont des dates certaines. Je compte publier les plus intéressants de ces traités d'Arithmétique, à la suite de mes recherches historiques

sur ce sujet. Je ne doute point qu'on ne trouve beaucoup d'autres traités semblables, du moins beaucoup d'autres copies, dans toutes les bibliothèques de l'Europe; car le système de l'*Abacus* a été très cultivé aux x[e] et xi[e] siècles, par tous les hommes versés dans la connaissance des sept arts libéraux. Il devait faire partie nécessairement du *Quadrivium*, car il présentait la plus savante spéculation qu'on agitât à cette époque.

» Il paraîtra bien singulier que ce système soit tombé dans un oubli complet depuis six à sept siècles, après qu'il avait eu une si grande célébrité, et quand il en restait tant de traces dans notre histoire littéraire et dans tous nos dépôts de manuscrits. »

« Après cette lecture, M. Libri présente quelques observations, et il ajoute que, tout en persistant dans l'opinion qu'il a émise dans l'*Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, sur l'origine de l'Arithmétique de position, il croit devoir attendre la publication du travail de M. Chasles, pour parler en connaissance de cause des nouvelles recherches de cet habile géomètre. »

Sur les observations de courants faites au moyen de bouteilles jetées à la mer; par M. Daussy. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Arago, Beautemps-Beaupré et de Freycinet.)

« La connaissance des courants est une des choses les plus utiles à la navigation. Parmi les moyens que l'on emploie pour les observer, un des plus exacts est sans doute celui qui consiste à jeter à la mer un corps léger qui, flottant à la surface, est entraîné par le mouvement général des eaux. Une bouteille vide, bien cachetée et contenant un billet qui porte l'indication du lieu où elle a été jetée, ainsi que la date de son immersion, convient parfaitement pour cet objet. Sans doute on peut objecter que cette bouteille étant en partie hors de l'eau, éprouve aussi l'effet du vent, mais le vent est lui-même une des causes du courant, et son influence sur la bouteille ne doit être guère plus forte que celle qu'il exercerait sur l'eau dont elle tient la place. D'ailleurs, si l'on voulait dégager entièrement les résultats obtenus par ce moyen de l'effet direct du vent ou du moins en diminuer beaucoup l'influence, il suffirait de lester les bouteilles assez pour qu'elles ne fissent qu'affleurer la surface de la mer; peut-être même pourrait-on les suspendre à un morceau de liége, qui offrirait peu de surface, au moyen d'une ligne de soie de quelques pieds de longueur; on

pourrait par-là parvenir à observer l'effet des courants à différentes profondeurs.

» Quoi qu'il en soit, ce moyen de mesurer les courants était depuis longtemps connu, et la première Note que j'ai trouvée, provenant de ce genre d'expériences, remonte à 1763; mais ce n'est que vers 1818 que l'on commença à l'employer plus fréquemment. Convaincu que l'on pourrait tirer parti de ces observations, j'ai rassemblé toutes celles qui sont venues à ma connaissance, et, pour reconnaître plus facilement les conclusions que l'on pourrait en tirer, j'ai tracé sur des cartes la route présumée qu'avaient dû suivre ces bouteilles, ou du moins j'ai joint, par une ligne aussi droite que possible en évitant de passer sur des terres, le point de départ et celui d'arrivée de ces corps flottants.

» J'ai marqué sans aucune exception toutes celles dont j'ai eu connaissance. Malgré cela il n'y en a qu'un bien petit nombre qui présentent des anomalies. Toutes, on peut le dire, indiquent le mouvement des eaux de l'est à l'ouest entre les tropiques, et de l'ouest à l'est dans les latitudes plus élevées. Sans doute on ne serait pas étonné que des bouteilles qui auraient été jetées par les courants sur les côtes d'Afrique n'aient pas été retrouvées; mais il est à croire que quelques-unes auraient été aperçues sur les côtes des États-Unis si le courant les y avait portées. On n'en voit cependant aucune, tandis qu'un grand nombre ont été trouvées sur les côtes de France et d'Angleterre, et dans les Antilles.

» Les vitesses que donnent ces observations sont généralement assez égales. Ainsi dans la zone équatoriale les courants portant de l'est à l'ouest sont de 8 à 10 milles par jour.

» Nous remarquerons que cette vitesse s'accorde bien avec ce que plusieurs habiles navigateurs et savants célèbres avaient conclu de la comparaison des routes des bâtiments. Ainsi Fleurieu et Borda estimaient que la vitesse moyenne de ce courant ne devait pas dépasser 3 lieues ou 9 milles en vingt-quatre heures. M. de Humboldt l'évaluait à 9 ou 10 milles, et M. Roussin à 7 ou 9 milles.

» J'aurais été curieux de comparer moi-même ce résultat avec les nombreuses observations de courants faites à bord de divers bâtiments, et que le major Rennel a rapportées dans l'atlas qui accompagne son ouvrage sur les courants, mais j'ai été surpris en voyant les différences que présentent ces observations.

» Il est naturel de penser que c'est dans les moyens imparfaits auxquels on a recours pour déterminer les courants que l'on doit chercher la raison

de ces anomalies. Or je crois avoir remarqué une cause dont je ne pense pas qu'on ait parlé jusqu'ici et qui doit influer beaucoup sur les erreurs que l'on commet dans cette détermination.

» C'est au moyen de la direction indiquée par la boussole et de la vitesse donnée par le loch que l'on détermine ce qu'on appelle la route estimée, et la comparaison de cette route avec celle que l'on déduit des observations astronomiques fournit ce que l'on regarde comme étant dû à l'effet des courants: car, dit-on, le bateau de loch et le bâtiment sont tous deux également entraînés par le mouvement général des eaux.

» Mais pour que cela fût exact il faudrait que la masse liquide, au moins jusqu'à la profondeur du tirant d'eau du bâtiment, fût animée d'un mouvement uniforme; car le bateau de loch plonge de quelques pouces seulement, tandis que le bâtiment est enfoncé de 10 à 25 pieds.

» On a beaucoup agité la question de savoir jusqu'à quelle profondeur l'action des courants se fait ressentir, mais quelle que soit cette profondeur, il est évident que la vitesse doit varier à différentes distances de la surface; il doit même arriver que quand le vent change, la direction du courant à la superficie soit pendant quelque temps inverse de celle qui a lieu à quelques pieds au-dessous. Dès-lors les indications données par le loch sont compliquées de cette différence, et l'évaluation des courants déduite de la supposition que leur effet est le même sur le loch et sur le navire, devient nécessairement fausse. Peut-être obtiendrait-on quelque chose de plus approchant de la vérité en faisant en sorte, s'il était possible, que le point fixe du bateau de loch fût porté au moyen d'une ligne à une profondeur correspondante au centre d'action des eaux sur le bâtiment ou en employant un autre moyen de mesurer le sillage qui s'appliquât à ce point et non à la surface. Nous remarquerons toutefois que ce point doit varier un peu selon la manière dont le bâtiment se présente par rapport au courant.

» A ce Mémoire sont joints, 1° un tableau donnant 97 observations de bouteilles jetées à la mer avec la date et le lieu de leur immersion, ainsi que le jour et le lieu où elles ont été trouvées; 2° deux cartes, l'une de l'Océan Atlantique septentrional depuis 2° de latitude S. jusqu'à 52° N., et l'autre des mers du Nord depuis 48° jusqu'à 75° de latitude septentrionale, sur lesquelles sont tracées les routes présumées de ces bouteilles. »

PHYSIQUE. — *Supplément à un travail précédemment présenté sur la résistance de l'eau.*

(Commission du concours pour le grand prix de Physique.)

CHIRURGIE. — *Note sur l'étiologie et le traitement des luxations congénitales du fémur; par* M. **Pravaz.**

Cette Note, qui fait suite à un Mémoire précédemment présenté par M. Pravaz, est renvoyée conformément à sa demande, et comme l'avait été déjà la première partie du travail, à la Commission pour le concours aux prix de Médecine et de Chirurgie, fondation Montyon.

GÉOLOGIE. — *Sur la masse de montagnes qui sépare la Loire du Rhône et de la Saône; par* M. **Rozet.** — Deuxième Partie.

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Élie de Beaumont.)

MÉTÉOROLOGIE. — *Objections d'un météorologiste aux astronomes au sujet de l'aurore boréale; par* M. **Clos.** — Deuxième Partie.

(Renvoi à M. Arago déjà chargé de l'examen de la première Partie.)

M. **Linguet** présente un *Calendrier perpétuel.*

MM. Bouvard et Damoiseau sont priés d'en prendre connaissance et de faire savoir si ce travail peut être l'objet d'un rapport.

CORRESPONDANCE.

PHYSIOLOGIE. — *Expériences sur les nerfs glosso-pharyngien, lingual et hypoglosse; par* MM. **J. Guyot** et **E. Cazalis.**

Plusieurs physiologistes ont déjà fait des expériences sur les nerfs qui se distribuent aux organes du goût, dans le but de déterminer les fonctions spéciales de chacun de ces nerfs; mais les résultats auxquels ils sont arrivés diffèrent à tant d'égards, qu'il paraissait indispensable d'entreprendre de nouveau le même travail. Deux Mémoires, publiés l'un à Pavie, par M. le professeur Panizza, l'autre en Angleterre, par M. Alcock, offrent les détails d'expériences nombreuses faites sur ce sujet, et que MM. Cazalis et Guyot ont cru devoir commencer. Celles du docteur Alcock

leur ont paru en général très exactes. Voici, au reste, les conclusions auxquelles ils sont eux-mêmes arrivés :

» 1°. Le glosso-pharyngien mis à découvert à sa sortie du crâne, en arrière de l'hypoglosse, dont il est séparé par la carotide, est extrêmement sensible lorsqu'on le saisit, qu'on le tiraille, qu'on le pique ou qu'on le coupe; il détermine alors des mouvements convulsifs de la base de la langue et du pharynx; sa section entraîne une grande altération dans la déglutition, et elle abolit une grande partie des facultés gustatives, mais non le sens tout entier; elle permet à certaines saveurs très mauvaises de passer inaperçues, tandis que d'autres même beaucoup moins désagréables, sont très bien distinguées.

» 2°. Le lingual étant saisi, tiraillé, piqué, coupé, excite de vives douleurs comme le glosso-pharyngien, mais sans mouvements convulsifs; sa section entraîne l'abolition de la sensibilité tactile de la langue et de ses facultés gustatives dans ses trois-quarts antérieurs; mais si l'on pince ou si l'on cautérise la base, la sensibilité s'y manifeste, et des efforts de régurgitation suivent ces impressions.

» 3°. L'hypoglosse, enfin, est peu sensible aux pincements, tiraillements, etc.; ces excitations ont pour effet de déterminer des mouvements convulsifs de la langue; par la section de ces nerfs, on paralyse entièrement les trois-quarts antérieurs de la langue, en y laissant persister le goût et la sensibilité. Il est à remarquer que si la préhension des aliments est par là rendue très difficile, et par fois impossible, la déglutition proprement dite conserve à peu près son intégrité, la langue ayant toujours un mouvement d'élévation et d'abaissement à sa base. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Marche de la température dans des terrains de différente nature, sous la latitude d'Edimburgh.*

Les observations comparatives dont nous allons donner les résultats, ont été faites par M. *Forbes*, avec des thermomètres semblables entre eux, mais enfoncés :

Les premiers dans le *trap de Calton-Hill;*

Les seconds dans une *couche homogène de sable;*

Les troisièmes dans *la formation de grès houiller de Craigleith.*

Tableau des plus grands changements annuels de température en degrés du thermomètre centigrade.

A LA PROFONDEUR de 3 pieds français.			A 6 pieds.			A 12 pieds.			A 24 pieds.		
Trap.	Sable.	Grès.	Trap.	Sable.	Grès.	Trap.	Sable.	Grès.	Trap.	Sable.	Grès.
10°,53	11°,23	9°,58	6°,61	8°,30	7°,72	3°,05	4°,19	5°,22	0°,80	1°,16	2°,28

Époques des maxima de température.

3 pieds.			6 pieds.			12 pieds.			24 pieds.		
Trap.	Sable.	Grès.	Trap.	Sable.	Grès.	Trap.	Sable.	Grès.	Trap.	Sable.	Grès.
6 août	31 juill.	5 août	2 sept.	24 août	19 août	17 oct.	7 oct.	11 sept.	8 janv.	30 déc.	11 nov.

En calculant l'ensemble de ses observations, M. *Forbes* a confirmé le résultat déjà indiqué par les travaux analogues entrepris dans d'autres lieux, savoir, que *la température moyenne* du sol augmente avec la profondeur.

Ainsi dans la couche de sable, il a trouvé :

A 3 pieds......... + 8°,069 centigrades.
A 6 pieds......... + 8,158
A 12 pieds......... + 8,289
A 24 pieds......... + 8,480

M. Forbes avertit que ses résultats ont été corrigés de la dilatation ou de la contraction de la partie enterrée de la tige de ses thermomètres, et de celles de la portion d'échelle située au-dessus du sol.

MÉTÉOROLOGIE. — *Étoiles filantes.*

M. *Edward C. Herrick*, écrit de *New-Haven* (*Connecticut*) à M. *Arago*, en date du 17 décembre 1838, qu'il a observé une *averse* (*shower*) d'étoiles filantes, dans la nuit du 7 au 8 décembre dernier. Une apparition extraordinaire de ce phénomène, notée par *Brandes* dans la nuit du 6 décembre 1798, avait appelé son attention sur cette date.

Dans cette nuit du 7 au 8 décembre 1838, DEUX observateurs comptèrent, à *New-Haven* :

De 8^h à 9^h.............. 93 étoiles.
De 9^h à 10^h.............. 71

M. *Herrick* fixe *la moyenne des étoiles pour un temps ordinaire et pour*

QUATRE *observateurs* dont chacun circonscrit toute son attention sur un quart du ciel, à 30 étoiles par heure.

Les trois-quarts au moins des étoiles du 7 décembre 1838, semblaient *venir* d'un point du ciel situé près de la chaise de Cassiopée. Ce point (chacun comprendra combien cette remarque de M. *Herrick* a d'importance) était à une grande distance de celui vers lequel la Terre marchait alors.

En présentant son nouvel ouvrage sur les machines à vapeur, M. DE PAMBOUR adresse diverses remarques touchant le rapport dans lequel MM. *Arago, Poncelet, Coriolis* et *Séguier,* ont rendu compte de ses premières recherches.

OPTIQUE. — *Microscopes.*

M. NOEL LEREBOURS fils annonce que sans rien faire perdre aux microscopes de leur bonté, il est parvenu, à l'aide de quelques dispositions particulières, à les exécuter pour des prix notablement inférieurs à ceux que les opticiens avaient été forcés d'exiger jusqu'ici.

M. ROBERT adresse quelques remarques sur la disposition des couches basaltiques de l'Islande, couches qui, selon lui, plongeraient toutes vers l'intérieur de l'île, c'est-à-dire vers la partie qui est aujourd'hui le centre des éruptions ; il propose une explication de ce fait et y rattache une observation qui lui a été communiquée par M. Darwin, naturaliste de l'expédition du *Beagle,* relativement à des couches d'origine volcanique d'une des îles du cap Vert.

M. GAUDIN annonce que les appareils de son nouveau système d'éclairage sont terminés et qu'il est maintenant en mesure de faire devant la Commission désignée par l'Académie, toutes les expériences qui seront jugées nécessaires.

M. GASPARIN écrit pour faire connaître les raisons qui l'ont déterminé à ne point se présenter cette fois pour la place vacante dans la section d'Économie rurale.

« Après l'issue de la dernière élection, j'ai dû, dit-il, m'imposer la condition de ne pas accepter la candidature sans l'avoir auparavant jus-

tifiée par de nouvelles communications. La perte douloureuse de M. Huzard a suivi de si près celle de M. Tessier, qu'il m'a été impossible de remplir cette condition. Quelques-uns des travaux que j'ai préparés sont terminés, et je demanderai prochainement à l'Académie la permission de le lui soumettre. »

Deux lettres relatives à des encres annoncées comme *encres de sûreté*, ne peuvent être renvoyées à l'examen d'une Commission, les auteurs, MM. Gagnage et de Normandy, s'étant contentés d'adresser des échantillons d'écriture tracée avec l'encre qu'ils emploient et n'en donnant pas la composition.

A quatre heures l'Académie se forme en comité secret pour entendre la lecture du rapport de la section d'Économie rurale sur les candidats à la place vacante par suite du décès de M. Huzard.

La séance est levée à cinq heures un quart. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 2.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. Gay-Lussac et Arago; septembre 1838, in-8°.

Annales des Sciences naturelles; août et septembre 1838, in-8°.

Recherches sur le mouvement des Projectiles dans l'air, en ayant égard à leur figure et leur rotation, et à l'influence du mouvement diurne de la Terre; par M. Poisson; Paris, 1839, in-4°.

Recherches sur différentes pièces du Squelette des animaux vertébrés encore peu connues, et sur plusieurs vices de conformation des Os ; par M. Breschet; in-4°. (Extrait des *Annales des Sciences naturelles.*)

Théorie de la Machine à vapeur; par M. de Pambour; 1839, in-8°.

Des Pertes séminales involontaires; par M. Lallemand; tome 2; Montpellier, in-8°.

Bulletin de la Société géologique de France.

Annuaire des Marées des côtes de France pour l'an 1839; *par* M. Chazallon; in-16.

Archéologie celto-romaine de l'arrondissement de Châtillon-sur-Seine; par M. J.-B. Leclerc; in-8°.

Nouveaux éléments de Zoologie, ou étude du Règne animal disposé en série; par M. H. Hollard; 2ᵉ partie: *Insectes, Animaux vertébrés;* Paris, 1839, in-8°.

The Quarterly Review; n° 125, décembre 1838, in-8°.

The Annals.... *Annales d'Électricité, de Magnétisme et de Chimie;* janvier 1839, in-8°.

The London.... *Journal philosophique de Londres et d'Édimbourg;* janvier 1839, in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres;* 15 et 29 nov. 1838, in-8°.

The Athenæum, journal; n° 132, décembre 1838, in-4°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; n° 371, in-4°.

An herrn.... *Lettre de* M. Hugo Mohl *à M. Maier, sur quelques points de morphologie végétale;* in-8°.

Untersuchungen.... *Recherches sur les relations anatomiques de la Chlorophyle; par* le même; in-8°.

Morphologische.... *Sur les Sporanges des Cryptogames cellulaires; par* le même; in-8°.

Untersuchungen.... *Sur les causes de la coloration des Feuilles en hiver; par* le même; in-8°.

Anatomische.... *Sur les cellules poreuses du Sphagnum; par* le même; in-8°.

Ueber die.... *Sur la symétrie des Plantes; par* le même; in-8°.

Ueber die Mannlichen.... *Sur les Fleurs mâles des Conifères; par* le même; in-8°.

Beobachtungen.... *Sur le changement des Anthères en Carpelles; par* le même; in-8°.

Ueber den bau.... *Sur la structure de la membrane des Cellules végétales; par* le même; in-8°.

Ueber den Einfluss.... *Sur l'influence du sol sur la répartition des Plantes alpestres; par* le même; in-8°.

Ueber die Vermehrung.... *Sur la multiplication des Cellules végétales par voie de division; par* le même; in-4°.

Untersuchungen.... *Recherches sur le développement des différentes parties de l'Écorce; par* le même; in-4°.

Ueber die Verbindung.... *Sur la communication des Cellules végétales entre elles; par* le même; in-4°.

Untersuchungen.... *Recherches sur les Glandes lenticulaires; par* le même; in-4°.

Johan Kepplers.... *Vie et Ouvrages de Keppler, d'après des documents récemment découverts; par* M. DE BREITSCHWERT, conseiller d'état à Stuttgart; 1831, in-8°.

Herbarium pedemontanum curante Aloysio Colla; vol. 5, 6, 7, in-8°, 8e vol., in-4°, comprenant la table des noms vulgaires, la table des figures et leur explication; Figures faisant partie de ce 8e volume, fascicules 2 et 3, in-4°.

Plantæ rariores in regionibus Chilensibus a clarissimo M. B. BERTERO, *nuper detectæ et ab* A. COLLA; *in lucem editæ;* fasciculus ultimus, in-4°.

Revista.... *Revue médicale de l'Académie impériale de Médecine de Rio-Janeiro;* vol. 4, n° 4, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 3, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 7 à 9, in-4°.

La Phrénologie, journal; 3e année, n° 16.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 81.

La France industrielle, journal; n° 81.

Gazette des Médecins praticiens; 1re année, n° 2.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JANVIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'existence d'une condition physique qui assigne à l'atmosphère terrestre une limite supérieure d'élévation qu'elle ne peut dépasser; par* M. **Biot**.

PREMIÈRE PARTIE.

« A une époque où les sciences d'observation réunissent si activement leurs efforts, pour déterminer tous les éléments de la physique du globe, il peut paraître surprenant que l'on n'ait encore aucune notion précise sur la hauteur de l'atmosphère terrestre; et qu'il n'existe même pas jusqu'ici de méthode directe, soit théorique, soit expérimentale, par laquelle on puisse espérer de l'évaluer. Mais, si l'on considère le petit nombre de données immédiatement observables que l'on peut employer à cette recherche, et leur spécialité essentiellement bornée aux seules couches aériennes dans lesquelles nous pouvons porter nos instruments, on conçoit qu'il doit être difficile d'en tirer des caractères assez généraux pour s'étendre, avec une suffisante certitude, aux régions élevées et inaccessibles de l'atmosphère, dont nous ne pouvons juger que par induction. Aussi, à défaut d'expériences

immédiates pour caractériser leur état physique, a-t-on cherché à constater, au moins, le fait de leur existence et de l'élévation à laquelle elles s'étendent, en l'inférant de caractères indirects, tirés des réflexions et des réfractions qu'elles doivent exercer sur la lumière en vertu de leur matérialité. Mais ces propriétés mêmes ne se manifestant à nous que dans des phénomènes composés, auxquels concourt l'atmosphère entière, il est encore très difficile de discerner nettement la part, nécessairement très faible, pour laquelle y contribuent les dernières couches d'air qui sont à la fois les plus élevées et les plus rares. Quoique la condition mathématique que je me propose de faire connaître dans ce Mémoire repose sur des considérations différentes de celles-là, je crois cependant utile de rappeler d'abord les indications qu'elles fournissent; car si les résultats qu'on en a déduits ont été jusqu'ici insuffisants et peu rigoureux, leur principe, judicieusement appliqué, semble avoir plus de portée qu'on ne le suppose généralement.

» Le pouvoir réflecteur des couches aériennes se montre pendant le jour, par l'illumination qu'elles jettent dans tous les lieux, où quelque portion de l'atmosphère est visible, quoique les rayons solaires n'y pénètrent pas directement. Il se montre encore dans la clarté sensible que les régions atmosphériques, illuminées par le soleil, continuent de nous envoyer, quelque temps après que cet astre est descendu sous l'horizon, ou lorsqu'il ne l'a pas encore atteint. Le soir, cette clarté s'appelle *le Crépuscule*, le matin *l'Aurore*. Elle est d'autant plus vive que le soleil est plus près du plan de l'horizon: et elle ne cesse d'être observable que lorsqu'il est abaissé d'environ 17 à 18 degrés au-dessous de ce plan. Pour définir ses limites optiques, étudions-la le soir, par une nuit sereine, après que le Soleil a disparu pour nous à l'horizon occidental. Si l'on conçoit alors un cône de rayons lumineux venant du soleil, tangentiellement à la surface terrestre, et qu'on le prolonge à travers toute l'atmosphère supposée sphérique, en tenant compte des réfractions qu'il y subit, il y tracera en sortant, un cercle qui séparera les régions aériennes, directement illuminées, de celles qui ne le sont pas. Ce cercle limite, ayant son centre sur l'axe du cône solaire, s'élèvera sur l'horizon oriental à mesure que le soleil sera plus profondément descendu du côté opposé, et il tournera ainsi autour du centre de la Terre, avec un mouvement angulaire égal à celui de cet astre. Mais un observateur placé sur la surface terrestre, n'en découvrira jamais que la très petite portion d'arc qui s'élève au-dessus de son horizon apparent; et, par une illusion de perspective, ce petit arc,

projeté visuellement sur la sphère céleste, lui paraîtra sensiblement une portion de grand cercle. En outre, la limite observable du phénomène ne devra pas lui sembler aussi nette que le suppose cette description géométrique. Car la portion illuminée de l'atmosphère jettera nécessairement quelque lumière sur la portion qui ne reçoit pas directement les rayons du soleil. Elle deviendra pour celle-ci un corps éclairant, d'une intensité de radiation infiniment moindre que l'astre, mais qui devra sans doute lui donner encore une lueur sensible, surtout pour une pupille qui se sera dilatée à mesure qu'elle recevra moins de lumière. Cette illumination secondaire s'appelle *le second crépuscule*. La portion de l'atmosphère qui la reçoit est bornée par les trajectoires lumineuses qui, partant de tous les points du dernier cercle directement illuminé, se propagent tangentiellement à la surface terrestre, du côté opposé au soleil à travers toute l'atmosphère obscure; de sorte que ce second espace crépusculaire est encore limité, à la surface de l'atmosphère, par un cercle, ayant son centre sur l'axe du cône solaire actuel comme le premier; et tournant comme lui angulairement avec le soleil. On peut géométriquement concevoir ce second espace crépusculaire comme le générateur d'un troisième, éclairé plus faiblement encore, terminé circulairement de la même manière, et ainsi de suite indéfiniment.

» Les caractères généraux de circularité, et de mouvement angulaire, qu'indiquent ces considérations optiques, se retrouvent en effet dans les phénomènes réels. Le point de l'horizon que le soleil vient d'abandonner le soir, paraît entouré d'une auréole lumineuse dont l'intensité va en décroissant à partir de ce point; et, lorsque le ciel est pur, les bords extrêmes de cette zone se détachant du reste du ciel, y marquent une limite nettement discernable de lumière et d'obscurité. Cette limite se nomme la *courbe crépusculaire*. On la voit monter progressivement au-dessus de l'horizon oriental, atteindre le zénith, et descendre vers l'horizon occidental à mesure que le soleil s'abaisse plus profondément sous ce plan. Enfin elle se couche elle-même, puis disparaît à la suite de cet astre lorsqu'il a atteint la profondeur de 17 ou 18 degrés : elle offre alors l'apparence optique d'un grand cercle, dont le plan coïncide avec l'horizon.

» Peu d'astronomes ont pris le soin d'en observer et d'en noter ainsi toutes les phases; sans doute parce qu'ils n'en sentaient pas l'importance pour leurs études habituelles. Mais, parmi ceux qui l'ont vue et décrite, il en est un dont le témoignage suffit pour constater la possibilité de l'observer avec précision : c'est Lacaille. Voici comment il

s'exprime à ce sujet, dans le récit de son voyage au cap de Bonne-Espérance (1):

« Les 16 et 17 avril 1751, étant en mer et en calme, par un ciel extrê-
» mement clair et serein, où je distinguais Vénus à l'horizon de la mer,
» comme une étoile de la seconde grandeur, je vis la lumière crépusculaire
» terminée en arc de cercle, aussi régulièrement que possible. Ayant réglé
» ma montre à l'heure vraie, au coucher du soleil, je vis cet arc confondu
» avec l'horizon; et je calculai, par l'heure où je fis cette observation,
» que le soleil était (alors) abaissé, le 16 avril, de 16° 38′; le 17, de
» 17° 13′. »

» Mais, si ce témoignage formel de Lacaille lève toute incertitude sur la netteté du phénomène, et sur la possibilité de l'observer distinctement, dans des circonstances atmosphériques favorables, il en laisse une très grande sur son interprétation physique. Car il reste à savoir, si la courbe lumineuse dont on constate l'existence, le mouvement angulaire, et la disparition, appartient à la limite géométrique du premier espace crépusculaire ou du second, ou du troisième, ou à quelque partie intermédiaire de l'un d'eux.

» Parmi les astronomes et les géomètres qui se sont occupés de ce phénomène, Lambert est, je crois, le seul qui ait remarqué l'alternative précédente, et indiqué les moyens de la décider (2). Pour en montrer l'étendue, comme il l'a fait lui-même, mais avec des données probablement plus exactes, j'ai calculé, par ses formules, la hauteur des dernières couches d'air réfléchissantes qui résulterait des observations de Lacaille, en attribuant la courbe lumineuse observée à la limite du premier espace crépusculaire, du second, du troisième, et employant le pouvoir réfringent aujourd'hui connu de l'air atmosphérique, ainsi que la réfraction horizontale donnée par nos tables, pour une pression de $0^{m},76$ et une température de 20° centésimaux. Voici quels ont été les résultats :

	Hauteur des dernières couches d'air réfléchissantes en mètres.
Par la limite du premier espace crépusculaire.........	58916 mètres.
du second..........................	10797
du troisième.......................	6392

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1751, page 454.
(2) *Photométrie* de Lambert, partie V, chap. III, page 440.

Cette dernière hauteur étant moindre que celle à laquelle est parvenu M. Gay-Lussac, ne saurait être admise. La seconde paraît encore bien faible, si l'on considère qu'à l'élévation de 7000 mètres, d'après les observations de M. Gay-Lussac, la densité de l'air n'était réduite qu'à la moitié environ de sa valeur à la surface du sol. La véritable hauteur finale est donc vraisemblablement intermédiaire entre celle-ci et la première; de sorte que la courbe crépusculaire, lorsqu'on l'observe à l'horizon, appartiendrait à quelque partie du second espace crépusculaire. C'est aussi l'opinion de Lambert, et il l'appuie sur des considérations photométriques qui paraissent évidentes.

» Car, dit-il, la couche d'air directement illuminée, qui termine le premier espace crépusculaire, est, dans cette limite, infiniment mince. Lorsqu'elle atteint l'horizon occidental, la faible lueur qu'elle rayonne en vertu de sa minceur, arrive à l'œil de l'observateur à travers la portion du second espace qui reçoit du premier le plus de rayons réfléchis, et à travers la plus longue dimension de cet espace, qui s'étend alors dans tout l'horizon. Celui-ci doit donc offrir encore à cet instant un éclat sensible, auquel la courbe crépusculaire persistante doit s'attribuer; et ainsi elle appartient, non à la première limite, mais à quelque partie du second espace lorsqu'elle se couche et disparaît dans l'horizon.

» Alors, par des considérations analogues, Lambert cherche à prouver que ce mélange de lumière n'aura plus lieu, au moins d'une manière sensible, lorsqu'on observera la courbe crépusculaire, avant qu'elle se couche, et quand elle est encore à quelques degrés de hauteur au-dessus de l'horizon occidental. A l'appui de cette remarque, il rapporte une série d'observations faites ainsi par lui-même, à Augsbourg, le soir du 19 novembre 1759; et, en attribuant les nombres observés à la limite géométrique du premier espace crépusculaire, il trouve pour la hauteur des dernières particules d'air réfléchissantes, 29115 mètres; ce qui est presque la moyenne entre les deux premières évaluations déduites tout-à-l'heure des observations de Lacaille. Or, en effet, d'après les calculs de Lambert, la courbe crépusculaire, lorsqu'elle se couche, appartiendrait à peu près à la zone moyenne du second espace crépusculaire, non à la limite du premier. J'ai vérifié l'exactitude de ses calculs, après les avoir réduits en formules générales; et d'après le conseil de quelques amis, j'ai cru bien faire d'insérer ici ces formules en note, parce que l'exposition de Lambert est assez obscure, et que son livre, aujourd'hui très rare, est accompagné de figures dont les lettres ne sont pas toujours exactement placées comme

le texte l'exige, ce qui augmente la difficulté d'en bien comprendre le sens.

» Ces résultats, déjà bien remarquables sans doute, si on les compare aux idées exagérées qu'on avait sur la hauteur de l'atmosphère à l'époque où écrivait Lambert, il les appuie, je dirais volontiers il les confirme, par une considération dont l'emploi me paraît devoir être d'une grande importance, si on l'appliquait à des observations telles qu'on pourrait les faire aujourd'hui. C'est que la hauteur des couches d'air auxquelles appartient réellement la courbe crépusculaire, se manifeste dans le mouvement angulaire vertical de cette courbe, beaucoup plus sensiblement encore que dans les mesures absolues de sa hauteur, correspondantes aux diverses dépressions du Soleil. Car, selon son calcul, si l'on adoptait la hauteur trop forte donnée par la première limite, la courbe crépusculaire, dans les saisons où sa marche angulaire est la plus rapide, emploierait près d'une heure pour monter de l'horizon oriental jusqu'au zénith, tandis que ses observations lui donnent seulement 38′ 30″; et au contraire, il ne lui faudrait que 14′ pour parcourir la même phase, si on la supposait appartenir à la seconde limite de hauteur, qui est trop faible. De si grandes différences n'échapperaient certainement pas à des observations soigneusement faites et suivies pendant quelque temps. Or, comme la hauteur assignée ainsi aux couches aériennes réfléchissantes, serait évidemment plus faible que celle des dernières couches les plus rares, on aurait ainsi une limite inférieure de la hauteur de l'atmosphère, ce que l'on ne voit jusqu'ici aucun autre moyen d'obtenir.

» Cette recherche pourra être admirablement secondée par les effets de polarisation qui s'opèrent dans les couches atmosphériques, en vertu de leur densité inégale, et de leur radiation réciproque, effets dont M. Arago a découvert l'existence et les conditions déterminatrices, qu'il a rapportées aux causes que je viens d'indiquer.

» Pour en montrer l'application à l'étude des phénomènes crépusculaires, je considère avec lui le soleil, au moment où il vient de se coucher à l'horizon occidental. Si un observateur, placé à la surface terrestre, analyse alors la lumière envoyée à son œil par les molécules aériennes comprises dans le vertical de l'astre, il trouvera que, depuis l'horizon occidental, jusqu'à une petite hauteur apparente, cette lumière ne paraît pas sensiblement polarisée. Mais, à une hauteur plus grande, elle commence à offrir des caractères de polarisation dans le sens vertical. L'intensité de ces caractères s'accroît graduellement jusqu'à une certaine

distance angulaire du soleil, après quoi elle diminue progressivement jusqu'à une autre distance plus grande, où elle devient tout-à-fait insensible; et, au-delà de ce terme, elle recommence à croître jusqu'à l'horizon oriental. Mais alors la polarisation est dirigée suivant un sens rectangulaire au précédent, conséquemment horizontal, dans le cas que nous considérons. Or, M. Arago a découvert que lorsqu'un rayon de lumière naturelle tombe sur un corps quelconque, la portion qui est renvoyée par radiation, dans tous les sens autour du point d'incidence, est toujours partiellement polarisée parallèlement à la surface du corps, comme si elle y eût pénétré à quelque profondeur, et qu'elle fût sortie en subissant une suite de réfractions à travers des couches parallèles. En appliquant ceci aux effets de polarisation atmosphérique, qu'on observe dans le vertical du soleil, on voit que, depuis cet astre jusqu'au point neutre, la polarisation a les caractères de la réflexion; tandis qu'au-delà elle a les caractères de la réfraction. C'est aussi l'énoncé donné par M. Arago.

» Des phénomènes exactement pareils, et soumis aux mêmes lois de succession, doivent nécessairement avoir lieu dans tous les plans, menés par les centres du Soleil et de la Terre. Mais il s'en produit aussi hors de ces plans, avec des lois de direction et d'intensité plus complexes, de sorte qu'ils deviennent ainsi visibles dans tous les azimuths, autour de chaque observateur. M. Arago a prouvé que ces derniers phénomènes, et sans doute aussi en partie, les premiers, résultent des radiations et des réflexions réciproques, opérées entre les molécules aériennes. Car, en observant, au moment du coucher du soleil, la lumière envoyée par une zone verticale d'air opposée à cet astre, et plongée dans l'ombre d'un édifice qui la privait de ses rayons directs, il y a encore reconnu les signes d'une polarisation perpendiculaire au plan vertical, laquelle ne pouvait évidemment appartenir qu'à la lumière jetée sur cette masse obscure d'air, par les parties latérales directement illuminées. Or, une pareille radiation doit s'exercer entre les particules d'air qui composent chaque espace crépusculaire éclairé directement ou secondairement, et elle doit aussi s'exercer de l'un à l'autre. Les effets de polarisation qui accompagnent ces radiations et ces réflexions réciproques, ne peuvent donc manquer d'y exister. Aussi les voit-on se manifester encore, longtemps après le coucher du soleil, jusqu'à de grandes hauteurs apparentes, et à de grandes distances du vertical de cet astre, comme M. Arago l'a constaté, et comme je l'ai souvent vérifié moi-même, tant avec son ap-

pareil à images colorées, qu'avec l'appareil à réfractions croisées de M. Savart, qui indique les directions de polarisation si nettement et si facilement (1). Ces phénomènes devront donc servir à caractériser les parties de l'atmosphère d'où les radiations émanent, quand leurs lois géométriques seront fixées par l'observation, et rattachées à leur mouvement angulaire central. Et peut-être, alors, y trouvera-t-on des signes propres à définir les limites des divers espaces crépusculaires, ainsi que le point réel de ces espaces auquel appartient la courbe lumineuse, dont on observe le mouvement angulaire et la disparition à l'horizon; ce qui permettrait d'en conclure avec sûreté une limite inférieure de l'élévation des couches par lesquelles cette courbe est réfléchie ou rayonnée vers l'œil.

---

(1) Hier soir 27 janvier, le ciel étant serein, j'ai encore répété ces observations au coucher du soleil, sur la terrasse du collége de France, avec l'appareil de M. Savart. Selon la *Connaissance des Temps*, le coucher avait lieu pour Paris à $4^h 47'$, t. m.; or, à $5^h 30'$ t. m., conséquemment $43'$ après la disparition du soleil, le contour entier de l'horizon, présentait encore des signes évidents de polarisation, jusque dans l'azimuth opposé à cet astre où ils étaient les plus faibles, quoique encore bien sensibles. Les bandes colorées se voyaient jusque dans la masse d'air inférieure où Paris se trouvait plongé, et qui était bien certainement alors dans l'ombre de la terre, ce qui confirme l'observation de M. Arago. A $5^h 30'$ je quittai, et je revins à $5^h 45'$. Mais tout avait disparu, et je ne revis aucune trace de polarisation dans aucune partie du ciel.

Addition à la Note précédente.

A propos de cette disparition, M. Arago a dit que, d'après ses observations, les lois habituelles et régulières du phénomène, sont accidentellement troublées, par l'intervention soudaine de nuages formés hors du plan de la vision, et généralement par des modifications survenues dans les couches lointaines, ce qui est en effet une conséquence de leur concours simultané pour déterminer le sens de la polarisation résultante qui s'observe. Il en conclut que de semblables causes ont pu faire disparaître le phénomène dans l'observation du 27 janvier. Or, ce qui prouve la justesse de cette remarque, c'est que le 28 et le 30, le ciel s'étant maintenu plus long-temps serein, j'ai vu les bandes polarisées encore subsistantes et très sensibles, le 28, une heure entière, et le 30, $1^h 17'$ après le coucher du soleil, presque sur le contour entier de l'horizon. M. Arago m'a communiqué en outre, et m'a autorisé à insérer ici, une donnée importante pour l'étude de ce phénomène. C'est que, selon des observations qu'il a faites, la présence de la neige, et en général l'état de la surface du sol concourent par les radiations et les réflexions propres qui en proviennent, à la distribution des plans suivant lesquels la polarisation dominante en chaque point de l'atmosphère paraît dirigée. Aussi, dans les observations faites après le coucher du soleil, voit-on des bandes polarisées produites par la seule radiation des corps terrestres.

» Après avoir discuté les indications que l'on peut obtenir sur la hauteur de l'atmosphère par l'étude des phénomènes de réflexion qui s'y produisent, examinons celles que l'on pourrait déduire des réfractions qu'elle exerce, réfractions dont la quantité totale s'obtient, indépendamment de toute théorie, en comparant le lieu apparent des astres à leur lieu réel, calculé d'après la rotation constante et uniforme de la masse terrestre.

» Remarquons d'abord que, pour cette recherche, les réfractions observées depuis le zénith, jusque vers 74° de distance zénithale ne peuvent nous être d'aucun secours. Car, d'après le peu de force réfringente de l'air, et le peu de courbure des couches atmosphériques, la réfraction propre à chaque distance zénithale comprise entre ces limites, est sensiblement la même dans tous les modes de superposition que l'on peut attribuer aux couches réfringentes, au-dessus de l'inférieure dont la densité s'observe. De sorte que celle-ci étant donnée, avec le poids total des supérieures qui est indiqué par le baromètre, la hauteur totale où elles peuvent s'étendre n'a aucune influence appréciable sur le résultat.

» Les réfractions observées à de grandes distances du zénith sont donc les seules dans lesquelles la hauteur de l'atmosphère peut se faire sentir. Or, dès qu'on n'attribue pas à cette hauteur des valeurs qui seraient évidemment trop petites pour être admises, toutes les valeurs plus grandes n'ont encore qu'une influence très faible sur ces réfractions. M. Ivory a démontré, par une analyse très savante, qu'on peut concevoir une infinité de systèmes atmosphériques, satisfaisant aux conditions inférieures de densité, de pression, et même au décroissement moyen de la température observé près de la surface terrestre, lesquels, avec des hauteurs successivement variées depuis 41000^{m} jusqu'à l'infini, ne donneraient entre ces extrêmes qu'une différence de 17″,2 sur la réfraction horizontale même. J'ai montré la cause physique de ce résultat, pour toutes les constitutions possibles de l'atmosphère, dans un Mémoire sur les Réfractions astronomiques, inséré aux Additions de la *Connaissance des Tems* de 1839. Il tient à ce que les trajectoires lumineuses s'inclinent graduellement sur leur rayon vecteur à mesure qu'on les considère dans des couches plus hautes. De sorte qu'à une élévation peu considérable, la trajectoire même, qui arrive horizontale à la surface terrestre, se trouve assez oblique sur ce rayon pour qu'on puisse lui appliquer le mode d'approximation propre aux trajectoires voisines du zénith ; et dès-lors tout le reste de la réfraction, opéré par les couches supérieures, a toujours la même valeur entre des limites d'erreur

insensibles, quels que soit la hauteur totale et le mode de superposition qu'on leur attribue. Donc, par inverse, cette hauteur totale n'est pas suffisamment empreinte dans les valeurs de la réfraction, même horizontale, qu'on observe; et ainsi on ne peut plus l'en inférer, ni même en déduire une évaluation qui la limite.

» Enfin, à défaut de toute autre méthode pour déterminer cet élément, on a cherché à lui fixer au moins, pour valeur extrême, la distance du centre de la Terre où la gravité égalerait la force centrifuge résultante du mouvement de rotation. Mais, pour les couches équatoriales mêmes où cette distance serait plus petite, elle surpasserait encore cinq fois le rayon terrestre. Or, d'après toutes les indications physiques, ce résultat est si excessivement exagéré, qu'on n'en peut faire aucun usage même comme limite d'évaluation.

» Dans la seconde partie de ce Mémoire, je montrerai qu'en combinant les observations météorologiques faites à de grandes hauteurs, avec les lois de l'équilibre de la chaleur dans l'atmosphère, on arrive à une condition mathématique qui la limite à moins de 47000 mètres d'élévation.

« *Note.* Je joins ici un court extrait des calculs de Lambert, avec les deux figures principales qui s'y rapportent. J'ai conservé les lettres dont il a fait usage, quoique leur choix soit peu conforme aux règles de l'analogie.

» La fig. 1 est sa CXI^e, un peu agrandie dans ses dimensions, pour que les relations naturelles des lignes y soient moins violées, quoiqu'il soit impossible de les conserver exactement. Elle représente la section de la Terre et de l'atmosphère supposées sphériques par un plan contenant les centres de la Terre et du Soleil. CS′ est le rayon solaire central, et SD un autre rayon solaire parallèle à celui-là, lequel, entrant en D dans l'atmosphère, s'y prolonge suivant la trajectoire réfractée DEF, tangente à la Terre en E, où elle devient par conséquent horizontale. Si l'on fait tourner le rayon SD, et son prolongement courbe DEF, autour du rayon central CS′ comme axe, la trajectoire DEF engendrera un conoïde de révolution, dont la surface isolera au-dessous d'elle, à partir du cercle décrit par E, toute la portion de l'atmosphère qui ne reçoit du Soleil aucun rayon direct. Et la portion directement éclairée sera terminée par le cercle que décrit le point d'émergence F.

» De ce même point F, menons dans le plan de la figure, une seconde trajectoire lumineuse FAG, tangente en A à la surface terrestre. A sera le point terrestre extrême de la section, qui peut voir quelque partie de l'espace atmosphérique directement éclairé. Ainsi, tout l'arc terrestre AE sera éclairé secondairement par cet espace à des degrés divers, selon l'étendue plus ou moins grande qui est au-dessus de l'horizon de chaque point. Il y aura donc, pour tout cet arc, *un premier crépuscule;* et les plans des

cercles décrits par A et par E autour du rayon central CS′, comprendront la zone de la surface terrestre, pour laquelle le phénomène a lieu ainsi au même instant.

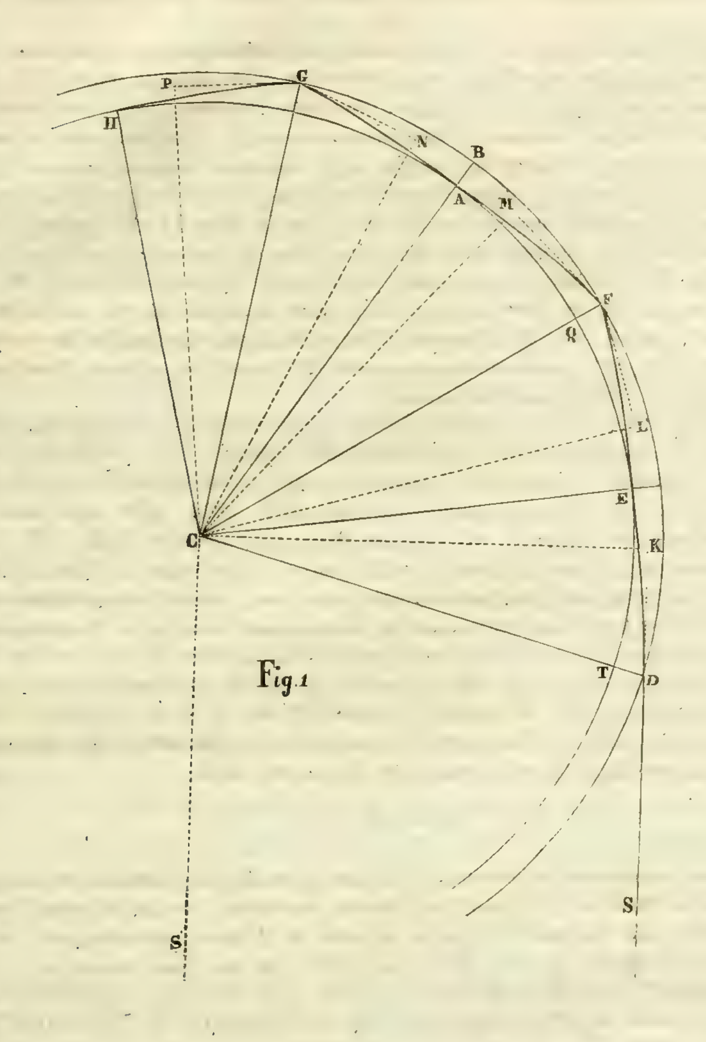


Fig. 1

» Le point G où la seconde trajectoire sort de l'atmosphère, est le dernier de la section qui puisse recevoir quelque rayon de l'espace immédiatement éclairé. Si de G l'on mène une troisième trajectoire lumineuse tangente à la Terre en H, H sera le point terrestre extrême de la section qui peut voir quelque partie de l'espace EFBG, éclairé secondairement. Tous les points de l'arc terrestre AH seront donc éclairés par ce second espace

à des degrés divers, mais nullement par le premier; ils jouiront donc *du second crépuscule.* Et les plans des cercles menés par A et par H, perpendiculairement au rayon central CS′, comprendront la zone de la surface terrestre où le phénomène a lieu ainsi.

» D'après le peu de hauteur de l'atmosphère, comparativement au rayon terrestre, et le peu de courbure des trajectoires, même horizontales, les angles au centre DCF, FCG, ne sont réellement que de 10 à 12 degrés. Les rayons terrestres qui les comprennent et qui limitent les zones des espaces crépusculaires successifs, s'inclinent donc les uns sur les autres beaucoup moins rapidement que ne le représente la figure; et ainsi le point d'émergence de la troisième trajectoire est bien loin d'atteindre le point de l'atmosphère opposé au rayon central, comme il semblerait le faire ici. Mais il a fallu exagérer l'ouverture des angles au centre pour rendre les trajectoires distinctes de leurs tangentes extrêmes DK, FL, FM, GN, et pour séparer sensiblement les perpendiculaires CK, CL, CM, CN, menées du centre sur ces tangentes, d'avec les rayons CD, CF, et CG. Mais la figure ainsi exagérée, peut de même servir pour définir généralement les directions des rayons CD, CF, CG, autour du rayon central CS′, quand on se donne l'angle qu'ils comprennent; et elle n'a pas d'autre usage.

» Les lignes CK, CE, étant respectivement perpendiculaires aux tangentes menées en D et en E à la première trajectoire horizontale, l'angle KCE, compris entre elles, est égal à l'inclinaison mutuelle de ces deux tangentes, conséquemment à la réfraction horizontale, que je désignerai par R. Les angles ECL, MCA, ACN, sont aussi tous égaux entre eux, et à R par la même raison. Les angles au centre DCK, FCL, FCM, compris entre chaque perpendiculaire, et le rayon vecteur mené au point de départ de chaque tangente, sont pareillement égaux entre eux, puisqu'ils sont formés exactement dans des conditions identiques. Je les exprimerai tous par u Plaçons en A un observateur ayant la limite F du premier espace crépusculaire dans son horizon occidental; et soit alors Δ la dépression angulaire du Soleil au-dessous de son horizon vrai. CA étant, pour lui, la verticale, l'angle ACS′ sera $90 + \Delta$. Or, puisque CK est perpendiculaire à KDS, il l'est aussi à CS′; ainsi l'angle ACK sera Δ. Or, cet angle se compose de deux angles u et de trois angles R; on aura donc

$$2u + 3R = \Delta.$$

» Plaçons maintenant l'observateur en H; et supposons, qu'au moment où la dépression vraie du Soleil est Δ, il voie à son horizon occidental, non pas le point F qui lui est invisible, mais le point G, limite extrême de l'espace atmosphérique, qui est éclairé secondairement. Ce sera alors l'angle HCS′ qui aura pour valeur $90° + \Delta$, et par conséquent ce sera HCK qui sera Δ. Or, cet angle n'est que le précédent ACK, augmenté de $2u$ et de 2R. On aura donc, dans cette supposition de l'observation horizontale du point G,

$$4u + 5R = \Delta.$$

» Généralement, pour chaque nouvelle trajectoire horizontale que l'on mènera, l'angle au centre correspondant à la dépression Δ, augmentera ainsi de $2u$ et de 2R. Donc, si l'on suppose l'observateur ayant à son horizon occidental le dernier point

du n^e espace crépusculaire dans le vertical actuel du soleil, la condition sera

$$2nu + (2n + 1) R = \Delta;$$

par conséquent

$$u = \frac{\Delta - (2n + 1) R}{2n};$$

il faut toujours se rappeler que, dans la nature, l'angle HCS' serait bien loin d'être obtus comme il le paraît ici, à cause de l'exagération d'ouverture que l'on a été forcé de donner, dans le dessin, aux angles DCF, FCG, etc.

» Soit r' le rayon CE, CA, CH, de la surface terrestre, ρ' la densité de l'air à cette surface. Soient aussi r'' et ρ'', le rayon et la densité des couches réfléchissantes dont on est supposé observer la limite de disparition. CE et CK étant perpendiculaires en E et en K à la trajectoire horizontale, la théorie des forces centrales donne

$$\frac{\mathrm{CK}}{\mathrm{CE}} = \frac{\text{vitesse en E}}{\text{vitesse en D}} = \frac{\sqrt{1 + 4k\rho'}}{\sqrt{1 + 4k\rho''}}.$$

$4k$ est le pouvoir réfringent de l'air, ou 0,000588768 pour la densité 1, correspondante à la température 0°, et à la pression barométrique 0,76 mesurée à Paris. Lambert suppose ρ'' insensible à la hauteur où s'opère la limite de réflexion observable. Nommant donc CK, p, comme CE est r', il a

$$p = r'\sqrt{1 + 4k\rho'}.$$

Or, l'angle KCD, ou u, étant donné, on a, dans le triangle KCD,

$$r'' = \frac{p}{\cos u};$$

donc

$$r'' = \frac{r'\sqrt{1 + 4k\rho'}}{\cos u};$$

c'est le résultat de Lambert. Pour la facilité du calcul numérique, il est commode de faire

$$\sqrt{1 + 4k\rho'} = 1 + \delta; \qquad \text{d'où} \qquad \delta = 2k\rho' - \tfrac{1}{2}(2k\rho')^2 \ldots \text{etc.}$$

Alors δ est une très petite quantité; et en cherchant $r'' - r'$, qui est la hauteur de l'atmosphère au-dessus de la surface terrestre, il vient

$$r'' - r' = r'\left(\frac{\delta + 2\sin^2\frac{1}{2}u}{\cos u}\right).$$

Si l'on veut supposer que le point dont on observe la disparition à l'horizon occidental, appartient à la limite extrême F ou G du premier ou du deuxième espace crépusculaire ou à tout autre de l'ordre n, il faut employer la valeur de u qui répond à cette supposition, en la déduisant de la dépression Δ que l'on a admise. C'est ainsi qu'ont été calculés les trois nombres que j'ai déduits des observations de Lacaille, dont j'ai emprunté seulement les résultats moyens; et l'on en déduirait de même ceux que donne Lambert, en partant des données qu'il a employées.

» Mais ces suppositions d'observations sont-elles admissibles? C'est ce que Lambert

discute ; et c'est en ce point surtout que son Mémoire me semble mériter une grande attention.

» Concevons le soleil se couchant suivant DS. L'observateur placé en E, voit dans le vertical de cet astre, toute la section DKELF du conoïde d'air qui est directement illuminé par ses rayons ; et il découvre aussi toute la portion du même conoïde qui se trouve au-dessus de son horizon apparent. La limite extrême du premier espace crépusculaire n'est visible pour lui que par le seul point F, situé à l'horizon oriental du vertical.

» Mais, pour tout autre observateur situé dans la même section, entre E et A, une portion de l'espace atmosphérique directement illuminé est disparue sous l'horizon occidental. Le point F s'est élevé à une certaine hauteur sur l'horizon oriental, et il est devenu le sommet de l'arc qui limite cet espace du côté opposé au soleil. Si l'observateur est en Q, il a ce sommet à son zénith ; et il ne peut le percevoir qu'accompagné par la lumière que lui envoient les particules d'air de la ligne QF, qui sont éclairées secondairement. A mesure que l'observateur s'avance vers A, cette lumière secondaire augmente avec l'accroissement de la distance au point F. Enfin lorsqu'il arrive en A, il a le sommet F dans son horizon occidental, mêlé avec toute la lumière secondaire venue de tous les points de AF. Alors Lambert pense, avec raison, ce me semble, que cette lumière dissimule le point F ; de sorte qu'à cet instant, ou dans cette position du point F, la limite de la lueur observable doit paraître au-dessus de F. Ainsi, au moment où cette limite paraît se coucher, le point F lui-même est déjà couché, et disparu sous l'horizon occidental depuis un certain temps.

» D'après les considérations précédentes, Lambert admet, ou du moins il me semble admettre, que, pour observer réellement la limite F, il ne faut pas lui attribuer l'instant de cette disparition, mais se placer en E et suivre son mouvement progressif d'élévation au-dessus de l'horizon oriental, pendant lequel il suppose qu'elle deviendra perceptible et saisissable lorsqu'elle sera encore à une certaine hauteur. Ceci fait l'objet de sa fig. XCIII, que j'ai reproduite dans la fig. 2.

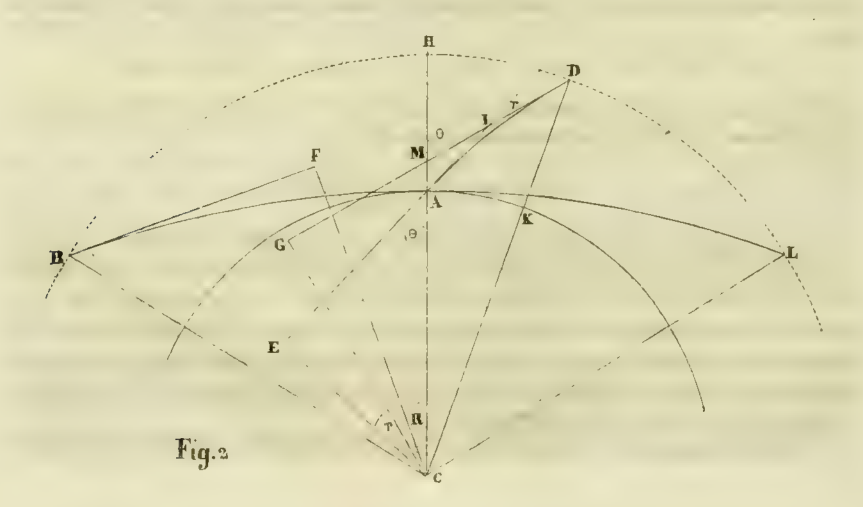


Fig. 2

» Malgré la différence des lettres, le secteur BCL de cette figure est le même que FCD de la précédente. L'observateur, supposé en A, voit le soleil se coucher en L; et le sommet B du premier espace crépusculaire se trouve alors à son horizon oriental. La dépression vraie du Soleil à cet instant est donc égale à la réfraction horizontale R. Après quelque temps, la dépression vraie de cet astre étant devenue Δ, le point B arrive en D; de sorte que son déplacement angulaire BCD autour du centre est égal au déplacement angulaire qu'a éprouvé le soleil, ou $\Delta - \mathrm{R}$. A cet instant, le point D, s'il est perceptible, se voit par une trajectoire courbe DA, dont les deux tangentes extrêmes, se coupant en I, font entre elles un angle r, qui est la réfraction propre à la distance zénithale apparente HAI ou θ', distance que je représente par $90° - h$, h étant la hauteur apparente de D. Maintenant, si l'on mène les perpendiculaires CF, CG, CE sur les trois tangentes BF, DI, AI, l'angle ECA sera h, ECG, r; et FCA, R. On aura donc

$$\mathrm{GCF} = h - \mathrm{R} - r.$$

Et puisque BCD est $\Delta - \mathrm{R}$, il en résultera

$$\mathrm{BCF} + \mathrm{GCD} = \Delta - \mathrm{R} + \mathrm{GCF} = \Delta + h - 2\mathrm{R} - r = c;$$

c sera ainsi une quantité connue. Or, BCF et GCD sont des angles de deux triangles rectangles dont les hypoténuses CB, CD sont égales entre elles et à r'', ou au rayon supérieur de l'atmosphère. Ainsi, en nommant ces angles u, u', et désignant par p, p' les perpendiculaires CF, CG, on aura

$$p = r'' \cos u, \quad p' = r'' \cos u', \quad u + u' = c.$$

Les deux premières donnent

$$p \cos u' = p' \cos u,$$

et en éliminant u, par la troisième, il vient

$$\tang u = \frac{p' - p \cos c}{p \sin c}.$$

Or, sur la trajectoire horizontale BA les perpendiculaires CF, CA, ou p et r', menées du centre C aux tangentes extrêmes, sont inverses des vitesses en B et A. Supposant donc la densité en B, insensible, comme le fait Lambert, il en résulte

$$p = r' \sqrt{1 + 4k\rho'}.$$

Une relation analogue subsiste entre les perpendiculaires CE, CG menées du centre c sur les tangentes extrêmes de la trajectoire AD. Or CE est $r' \cos h$, et CG est p'. On aura donc

$$p' = r' \cos h \sqrt{1 + 4k\rho'}.$$

Ces valeurs substituées dans $\tang u$ donnent

$$\tang u = \frac{\cos h - \cos c}{\sin c},$$

ou encore

$$\tang u = \frac{2\sin\frac{1}{2}(c+h)\sin\frac{1}{2}(c-h)}{\sin c}, \qquad (2)$$

or c est connu, puisqu'on a $\quad c = \Delta + h - 2R - r, \qquad (1)$

on pourra donc calculer l'angle u; et alors on en déduira

$$r'' = \frac{p}{\cos u} = \frac{r'\sqrt{1+4k\rho'}}{\cos u}.$$

» Pour la facilité du calcul numérique, il sera bien de faire comme précédemment

$$\sqrt{1+4k\rho'} = 1 + \delta \qquad \text{d'où} \quad \delta = 2k\rho' - \tfrac{1}{2}(2k\rho')^2 - \text{etc.};$$

et l'on aura pour la hauteur des particules réfléchissantes en B ou D

$$r'' - r' = r'\,\frac{(\delta + 2\sin^2\frac{1}{2}u)}{\cos u}. \qquad (3)$$

Si l'on met dans les formules (1), (2), (3), les données observées par Lambert, p. 448 et 450 de son ouvrage, en prenant comme lui δ égal à 0,0003054, on retrouvera les mêmes nombres qu'il en déduit, pour l'angle BCF ou u, pour la hauteur $r'' - r'$, et pour toutes les autres particularités du phénomène. Il est aisé de vérifier sur les formules mêmes, qu'en effet, dans cette application, le point D dont on observe la hauteur apparente h, est considéré par Lambert comme appartenant toujours à la limite extrême du premier espace crépusculaire, directement illuminé. Car si l'on y fait $h = 0$ et $r = R$, ce qui met le point D dans l'horizon occidental apparent, l'angle u ou BCF, qui est le MCF ou u de la figure 1, devient égal à $\frac{1}{2}c$ ou $\frac{\Delta - 3R}{2}$. Or c'est là précisément l'expression de cet angle dans la figure 1, lorsqu'on suppose la limite extrême F du premier espace crépusculaire, immédiatement observée à l'horizon occidental du point A. Mais on ne voit pas sur quoi Lambert fonde l'identité constante du point observé D, avec cette limite, dans les calculs de la figure 2. On serait plutôt porté à croire que le sommet sensible D de la courbe crépusculaire observable appartient toujours à quelque partie de l'espace, illuminé secondairement; et il ne serait pas impossible que cette partie fût différente à diverses hauteurs. Il faut même, d'après les idées de Lambert, que cela arrive ainsi quand le point D de la figure 2 descend très près de l'horizon occidental, puisqu'il admet qu'on doit cesser de le distinguer quand il est à cet horizon, à cause de la grande longueur du second espace crépusculaire qui s'interpose alors entre lui et l'observateur. Mais c'est ce que le mouvement angulaire du point D autour du centre C fera reconnaître, surtout si l'on peut y attacher quelque autre caractère fixe, tiré de la polarisation. »

Observations sur la nature et le mode de croissance des Polypiers; par M. Milne Edwards. (Extrait.)

« Suivant Lamarck, les *polypiers* sont des corps qui n'offrent aucune trace d'organisation, qui ne vivent pas et qui ne font nullement partie des animaux qu'ils contiennent. Pour rendre sa pensée d'une manière encore plus claire, il ajoute que ces *polypiers* sont toujours *extérieurs* aux êtres qui les habitent, et il les compare au guêpier qui sert de demeure aux guêpes; enfin, il explique la formation de ces habitations par une transsudation de matières gélatineuses et terreuses qui se ferait à la surface du corps des Polypes, et qui se moulerait sur cette surface comme la coquille d'un mollusque se moule sur le manteau de cet animal, ou, plutôt, comme le tube calcaire d'une Serpule se forme autour du ver qui le sécrète.

» Cuvier et Lamouroux adoptèrent la même opinion, mais sans ajouter aucun fait nouveau propre à l'étayer. Enfin, M. de Blainville, tout en partageant les idées de Lamarck sur la nature intime et sur le mode de formation de la plupart des polypiers, paraît être arrivé dans certains cas à des résultats différents; car, en parlant des Zoanthaires, il dit que c'est souvent dans l'épaisseur de l'enveloppe ou même dans les mailles du corps de l'animal que se dépose la substance dont le polypier est formé; mais il n'entre dans aucun détail à ce sujet, et n'expose pas les raisons qui l'ont déterminé dans le choix de son opinion.

» D'après le court exposé historique que je viens de présenter, on voit que les zoologistes s'accordent presque tous à considérer les polypiers, tant cornés que calcaires, comme étant des espèces de croûtes extérieures privées de tout mouvement vital, le résultat d'une simple excrétion cutanée et l'image exacte de ces tubes solides que certains vers marins construisent dans le sol ou à la surface des rochers.

» Il me paraît cependant évident que cette opinion est erronée, et par l'examen attentif du mode de croissance d'un grand nombre de polypiers, ainsi que par l'étude anatomique de leur structure intérieure, je me vois conduit à penser que ces enveloppes solides, *considérées dans leur ensemble*, sont toujours des parties vivantes qui appartiennent au corps du Polype tout autant que ses tentacules ou sa cavité digestive, qui se nourrissent comme le reste de l'animal, quelle que soit leur dureté pierreuse, et qui ne peuvent être mieux comparées qu'à un squelette extérieur.

» Le premier fait qui m'a porté à soupçonner la vitalité dans ces polypiers réputés inorganiques, m'a été fourni par une belle espèce de Sertulaire que j'ai trouvée sur les côtes de la Provence, et que je crois être nouvelle. Les Sertulaires, comme on le sait, sont des Polypes agrégés pourvus d'une gaîne solide dont la consistance est assez analogue à celle de la corne, et dont l'aspect rappelle tout-à-fait celui d'une plante grêle et rameuse; cette gaîne constitue le *polypier*, et dans son intérieur se trouve une substance molle et parenchymateuse qui, dans toute sa longueur, est creusée d'une sorte de cavité stomacale tubulaire, commune à tous les individus d'une même agrégation. Dans la Sertulaire dont il est ici question, le diamètre du polypier est très petit dans les jeunes pieds et dans toutes les parties nouvellement formées des grosses touffes; mais dans les parties avancées en âge, sa grosseur est beaucoup plus considérable et dépasse souvent du double ce qu'elle était dans le principe. Au premier abord, on pourrait croire que cet accroissement en diamètre dépendrait de l'addition de couches nouvelles à la surface externe du tube tégumentaire primitif; mais si l'on fait des sections transversales de l'une de ces tiges, là où elle présente les dimensions les plus différentes, et qu'on en examine la coupe au microscope, on verra que les parois du polypier ont conservé en grandissant la même épaisseur, et que, par les progrès de l'âge, la cavité intérieure remplie par le parenchyme mou des Polypes, s'est élargie au point de pouvoir loger à l'aise un corps du diamètre du jeune tube tégumentaire tout entier. Or, un changement pareil ne peut dépendre que d'une véritable croissance, et ne peut s'expliquer que par l'effet d'un mouvement nutritif moléculaire, mouvement qui suppose dans les parties qui en sont le siége, l'organisation et la vie.

» Dans d'autres polypes de la même famille on remarque aussi des phénomènes qui indiquent clairement la vitalité de l'enveloppe tégumentaire à une époque où cette gaîne solide a déjà acquis toute l'épaisseur et toute la consistance qu'elle doit avoir. Ainsi dans les Antennulaires, dans plusieurs espèces de Plumulaires et dans quelques Sertulaires, le tube semi-corné de la tige de ces petites touffes d'aspect phytoïde, cesse bientôt de se dilater; mais à une certaine époque sa surface externe produit des excroissances filiformes qui s'avancent en rampant tantôt vers la cime du polypier, tantôt vers sa base. Ces filaments, cornés et tubuleux comme la gaîne d'où ils proviennent, s'y soudent dans tous leurs points de contact et souvent donnent à leur tour naissance à des branches semblables à eux-mêmes; de sorte que par les progrès de l'âge, la tige, qui d'abord

était simple et grêle, grossit considérablement et se trouve composée d'une multitude de tubes réunis en faisceaux. Enfin la croissance de ces parties dures ne s'arrête pas encore, et dans les portions de la touffe qui sont parvenues à ce que l'on doit considérer comme la vieillesse de ces êtres singuliers, il naît de la surface externe du polypier une multitude d'autres filaments semi-cornés qui se ramifient tout à l'entour, comme le chevelu des racines chez les plantes, et qui servent à le fixer plus solidement aux corps voisins. Cette espèce de végétation me paraîtrait impossible si le polypier, qui en est le siége, était réellement un corps inorganique, et elle fournit, ce me semble, une preuve évidente de l'existence de la vie dans la gaîne tégumentaire de ces animaux agrégés.

» Du reste si l'on conservait encore quelque doute à cet égard il suffirait pour le dissiper d'observer la manière dont une Sertulaire se multiplie par bourgeons. Il arrive souvent de trouver ces polypes solitaires dans le jeune âge, et alors leur tube extérieur ou *polypier* ne présente ni orifice latéral ni ramifications; mais, à une certaine période de son existence, l'animal produit dans l'intérieur de sa tige des bourgeons reproducteurs, et la manière dont ces nouveaux jets se développent alors répand beaucoup de lumière sur la nature intime du polypier. En effet, si la gaîne solide de la Sertulaire était, comme le veut Lamarck, une sorte de croûte inerte et sans connexions organiques avec la partie intérieure et vivante de l'animal, le bourgeon qui prend naissance dans sa cavité ne pourrait se développer avant que d'avoir détruit, par résorption, ou autrement, la paroi du polypier contre laquelle il viendrait se heurter, et, après s'être frayé ainsi un chemin au-dehors, il devrait s'avancer plus ou moins loin avant que de se revêtir de la gaîne solide, résultat de la concrétion de matières exsudées à sa surface; le nouveau tube tégumentaire ainsi formé devrait être toujours précédé dans son apparition par le tissu parenchymateux intérieur chargé de le secréter, et son extrémité serait ouverte dès le principe; enfin les diverses parties de la jeune branche, une fois produites, ne devraient plus changer de forme, si ce n'est par suite de l'allongement de leurs bords ou du dépôt de nouvelles couches à leur intérieur. Mais les choses ne se passent pas ainsi. Lorsqu'une nouvelle branche commence à pousser, on voit d'abord le polypier lui-même éprouver des modifications qu'on ne peut expliquer qu'en supposant son tissu animé d'un mouvement nutritif analogue à celui qui existe dans un os dont la forme vient à changer par suite du développement d'un exostose à sa surface. Le tube cartilagineux du polypier adulte présente dans un point déterminé, une sorte d'excrois-

sance latérale dont la cavité communique avec l'intérieur du tube générateur et loge un prolongement de la substance parenchymateuse renfermée dans ce dernier. Ce tubercule grandit rapidement et constitue bientôt un long tube de consistance cornée, semblable en tout à la tige qui le porte, mais terminé en cul-de-sac à son extrémité libre ; cette extrémité se renfle ensuite en une sorte d'ampoule dans l'intérieur de laquelle on voit se développer peu à peu la portion terminale et mobile du jeune polype ; ses dimensions augmentent beaucoup sans que l'épaisseur de ses parois change notablement ; enfin son sommet, qui adhère aux parties molles intérieures, s'infléchit, s'amincit et finit par disparaître de façon à ouvrir la cavité fermée jusque alors, et à permettre à l'animal de déployer au dehors son appareil tentaculaire. On voit, par conséquent, que le *polypier* des Sertulaires croît réellement, et pour se développer de la sorte il faut nécessairement admettre qu'il est organisé et doué de la vie : ce ne peut donc être une simple croûte moulée sur la surface du corps de l'animal, et il faut le considérer comme une tunique tégumentaire dont la substance se rapproche par sa densité du tissu qui, chez les animaux supérieurs, forme les cartilages permanents ou les os dans le premier degré de leur développement.

» Il est aussi à noter que la partie tégumentaire des polypes ne présente pas toujours cette rigidité singulière, et dans certaines familles elle est tour à tour complétement membraneuse, de consistance cartilagineuse ou d'une dureté osseuse, sans que sa conformation soit d'ailleurs modifiée, et sans qu'il soit possible de méconnaître dans la gaîne rigide des uns l'analogue de la tunique membraneuse des autres ; pour s'en assurer il suffit de comparer entre eux les polypes des genres *Vésiculaire* et *Sérialaire*, ou bien les *Halodactyles*, les *Flustres* et les *Escharines*. Enfin il est aussi des polypiers où la tunique extérieure est en partie membraneuse et en partie de consistance cartilagineuse.

» Jusqu'ici je n'ai parlé que des polypiers plus ou moins cartilagineux qui conservent une certaine flexibilité, et, tout en reconnaissant que ce ne sont pas de simples croûtes inorganiques comme on le croyait généralement, on pourrait encore penser que la vitalité dont ils sont doués n'existe pas dans les masses plus ou moins lapidescentes dont se composent les *polypiers pierreux*, et supposer que ces derniers ne sont effectivement que des produits inorganiques analogues aux tubes des Serpules. Mais en les étudiant comme nous venons d'étudier les polypiers flexibles, on est conduit à adopter l'opinion contraire, et à les considérer comme étant

formés par un tissu vivant dans la substance duquel se fait un dépôt moléculaire de matière calcaire, analogue au dépôt qui, chez les animaux supérieurs, transforme les cartilages en os.

» Les observations que j'ai déjà eu l'occasion de faire sur la structure des cellules tégumentaires des Eschares et sur les changements de forme que ces loges crétacées subissent par les progrès de l'âge, suffiraient, je pense, pour trancher la question; mais si l'on voulait de nouvelles preuves de la nature organique et de la vitalité de ces polypiers pierreux, les *Salicornaires* nous en fourniraient, car les cellules de ces polypes, après avoir acquis toute leur épaisseur et toute la dureté lapidescente qu'elles doivent avoir, sont encore le siége d'une sorte de végétation, et donnent naissance par leur surface externe à des prolongements radiciformes dont le tissu est une continuation des tissus dont elles se composent et dont la croissance est rapide.

» La conformation intérieure des *Alcyons* proprement dits me paraît donner aussi la clé du mode de formation du polypier pierreux des Astrées et des autres Zoanthaires. Le tissu tégumentaire de ces polypes est de consistance charnue et recèle dans son intérieur un système compliqué de canaux ramifiés; il paraît être aussi le siége primitif de l'espèce de bourgeonnement par lequel ces animaux augmentent le nombre des individus agrégés entre eux; aussi ne peut-il exister aucune incertitude sur sa nature organique et sur sa vitalité; mais on y reconnaît néanmoins un premier degré d'ossification, car il se dépose, dans la profondeur de sa substance, une multitude de particules de carbonate de chaux qui, examinées au microscope, simulent en général des cristallisations confuses. Or, que l'on suppose pour un instant ce dépôt intérieur de carbonate calcaire un peu plus abondant, et l'on aura, à la place du polypier charnu de l'Alcyon, un polypier lapidescent comme celui d'un si grand nombre de Zoanthaires.

» Du reste, l'observation directe de la structure de ces derniers fait voir que ce n'est pas à la surface du polype, ainsi que le disait Lamarck, mais bien comme l'a pensé M. de Blainville, dans l'épaisseur des tissus organisés de l'animal que se déposent les molécules de carbonate calcaire destinées à la solidification du polypier. Enfin il est également facile de se convaincre que lorsque le polypier a acquis de la sorte sa dureté pierreuse, il continue encore pendant long-temps à grossir et par conséquent à vivre.

» Si l'on examine à l'état frais un de ces gros polypiers dendroïdes, qui se rencontrent dans le voisinage des bancs de corail de la côte d'Alger, et qui atteignent souvent une hauteur de plusieurs pieds; polypiers que

Peyssonnel appelait *Fenouil de mer*, et que les zoologistes actuels désignent sous le nom de *Caryophillie rameuse*, on voit que ces polypes sont loin d'être simplement implantés dans les loges stelliformes par lesquelles chaque branche se termine. Le tissu mou, mais coriace, dont se compose la paroi externe de la portion protractile du corps de ces animaux actiniformes, se continue sans interruption avec un tissu de même nature qui constitue en quelque sorte la gangue vivante dans la profondeur de laquelle se déposent les particules pierreuses du polypier; la présence de ce tissu de couleur jaunâtre, est facile à constater même vers la partie inférieure de celui-ci, et il est également aisé de s'assurer que c'est dans son épaisseur ou dans les mailles de sa substance que se trouve logée l'espèce de charpente crétacée dont ces singuliers animaux sont pourvus. Dans les jeunes individus, ainsi que dans la portion la plus nouvellement formée des individus d'un âge plus avancé, le tissu charnu est assez épais et cache complétement la partie calcaire du polypier; celle-ci est très mince et semble résulter de la soudure de particules pierreuses déposées dans la substance de la portion charnue, autour de filaments qui sont probablement des canaux analogues à ceux dont les téguments coriaces des Alcyons sont pourvus en si grande abondance. Au premier abord on pourrait croire que la lame solide ainsi formée est d'une structure compacte et homogène; mais si on la fait bouillir dans une lessive alcaline, de façon à enlever la matière animale qui entre dans sa composition, on la réduit à une masse lapidescente dont la surface est criblée d'une multitude de trous irréguliers, et dont la substance examinée au microscope, offre une texture spongieuse. Par les progrès de l'âge, les espaces intersticiaires occupés par les parties molles diminuent progressivement, mais ces dernières continuent à croître et à s'endurcir, de sorte que le polypier grossit en même temps qu'il devient plus solide, jusqu'à ce qu'enfin, ne recevant plus de sucs nourriciers en quantité suffisante, il cesse peu à peu de vivre, sans cesser pour cela de conserver ses connexions avec les parties moins avancées en âge, qui sont encore animées d'un mouvement nutritif plus ou moins rapide. Enfin les bourgeons reproducteurs, qui sont destinés à former de nouvelles branches, ou plutôt de nouveaux individus, et qui se développent dans la portion tégumentaire du polype adulte, ne s'y montrent que lorsque la solidification de celle-ci est assez complète pour que la dépouille de l'animal offre dans ce point tous les caractères d'un polypier pierreux. Ainsi, non-seulement ce polypier, réputé inorganique, est doué d'un mouvement

nutritif, et croît par les progrès de l'âge, mais est le siége d'un des phénomènes physiologiques les plus importants de la vie de ces singuliers zoophytes, leur multiplication par bourgeons.

» Les *Astrées*, dont j'ai pu observer un grand nombre à l'état vivant sur les rochers qui avoisinent Alger, m'ont présenté un mode de structure analogue, et l'examen attentif de la dépouille desséchée de plusieurs autres *Zoanthaires* m'a convaincu que chez tous ces animaux le polypier doit avoir le même mode de conformation, et doit continuer à croître pendant un certain temps après que son tissu a acquis une dureté presque pierreuse. Enfin, les polypes agrégés du Corail et des Gorgones, que j'ai également eu l'occasion d'étudier à l'état vivant sur la côte d'Afrique, rentrent aussi dans ce qui me semble être la règle commune relativement au mode de formation du polypier; mais je craindrais d'abuser du temps de l'Académie si j'exposais plus au long ces observations.

» Les faits divers que nous venons de passer en revue, me semblent prouver que l'opinion généralement adoptée relativement au mode de formation des polypiers est inexacte, et que ces corps, loin d'être toujours des croûtes extérieures et sans connexions organiques avec les animaux qui les produisent, sont des parties intégrantes de ces êtres, et consistent en un tissu organisé dont la substance se charge plus ou moins de matières cornées ou calcaires déposées dans sa profondeur et dont la nutrition s'opère par intussusception. Chez tous ces animaux, il existe une tendance à l'endurcissement de la portion tégumentaire et reproductrice du corps, mais le degré auquel cette solidification arrive, varie beaucoup et détermine les seules différences qui existent entre les espèces distinguées par les zoologistes sous les noms de *Polypes nus*, de *Polypes à polypier flexible*, de *Polypes charnus* et de *Polypes à polypier lithoïde*. Le polypier cartilagineux ou lithoïde d'un Sertularien ou d'un Zoanthaire n'est pas, comme on le dit d'ordinaire, une demeure que ces animaux se construisent, c'est, en quelque sorte, leur peau qui constitue la charpente solide de leur corps, et qui, de même que le squelette des animaux vertébrés, affecte tantôt la forme membraneuse, tantôt une texture cartilagineuse, et d'autres fois un état en quelque sorte osseux. »

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction de la lumière; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Suite de la seconde partie. (*Voir* les n^os précédents.)

« D'après ce qui a été dit précédemment, la caractéristique d'un rayon simple dans un milieu diaphane ne dépendra point de la direction de ce rayon, mais seulement de la nature de la couleur; et, si le rayon se propage sans s'affaiblir d'une manière sensible, sa caractéristique ne sera autre chose que le rapport du nombre 2π à l'épaisseur d'une onde plane. Supposons que, pour une épaisseur donnée, on ait mesuré cette caractéristique dans le vide. Si l'on substitue au vide un milieu isophane quelconque, elle variera dans un certain rapport qui sera réel ou imaginaire, suivant que le milieu isophane sera ou ne sera pas transparent. Cela posé, le coefficient réel ou imaginaire par lequel on devra multiplier la caractéristique mesurée dans le vide, pour obtenir la caractéristique mesurée dans le milieu isophane donné, sera ce que nous appellerons le *coefficient caractéristique* relatif à ce milieu. Si le milieu isophane est transparent, le coefficient caractéristique ne différera pas de l'indice de réfraction du rayon que l'on ferait passer du vide dans ce milieu, sous une incidence quelconque. Mais, si le milieu isophane donné absorbe la lumière, le coefficient caractéristique deviendra imaginaire, et sa partie réelle représentera l'indice de réfraction d'un rayon passant du vide dans ce milieu sous l'incidence perpendiculaire, tandis que sa partie imaginaire sera le produit de $\sqrt{-1}$ par le demi-diamètre d'une circonférence représentée, au signe près, par le logarithme népérien du rapport suivant lequel diminue l'amplitude des vibrations moléculaires, quand on s'enfonce dans le milieu isophane, en parcourant, dans la direction de ce rayon, une distance équivalente à la longueur d'une ondulation mesurée dans le vide.

» Au reste, en généralisant la définition du *coefficient caractéristique*, on peut désigner sous ce nom le coefficient par lequel il faudra multiplier la caractéristique d'un rayon, mesurée dans un milieu isophane donné, pour obtenir la caractéristique d'un rayon de la même couleur dans un autre milieu. Il est d'ailleurs naturel d'appliquer à l'argument et au module du coefficient caractéristique ainsi défini, les noms d'*argument caractéristique* et de *module caractéristique*.

» Revenons à la considération des rayons réfléchis et réfractés par la

surface de séparation de deux milieux. Nous avons déjà recherché le nombre, la direction de ces rayons, et l'influence que peut exercer sur cette direction le pouvoir absorbant des milieux dont il s'agit. Recherchons maintenant comment la réflexion et la réfraction modifient d'une part l'amplitude des vibrations lumineuses, d'autre part le mode de polarisation d'un rayon simple, particulièrement dans le cas où les milieux donnés sont isophanes, et où le premier de ces milieux est transparent.

» Le rayon incident étant, par hypothèse, un rayon simple qui se propage dans un milieu isophane et transparent, pourra être censé résulter de la superposition de deux autres rayons qui seraient polarisés en ligne droite, le premier perpendiculairement au plan d'incidence, le second suivant ce même plan. Si l'on prend la normale à la surface réfléchissante pour l'un des axes coordonnés, et le plan d'incidence pour l'un des plans coordonnés, le premier des rayons composants se trouvera complétement caractérisé par les déplacements des molécules mesurés dans le plan d'incidence, et parallèlement aux axes coordonnés que renfermera ce plan, tandis que le second des rayons composants se trouvera caractérisé par les déplacements des molécules mesurés perpendiculairement au plan d'incidence, ou, ce qui revient au même, parallèlement au troisième axe. Or, si le second milieu est isophane comme le premier, les deux espèces de déplacements dont il s'agit, c'est-à-dire les déplacements mesurés les uns dans le plan d'incidence, les autres perpendiculairement à ce plan, se trouveront séparés dans les équations générales des mouvements infiniment petits auxquels se réduiront les vibrations lumineuses de chacun des milieux donnés, et il est naturel de penser, comme le calcul d'ailleurs nous l'indique, qu'alors aussi les déplacements des deux espèces se trouveront encore séparés dans les équations de condition relatives à la surface réfléchissante ou réfringente. Donc alors les deux rayons simples qui pourront être censés produire par leur superposition le rayon incident, et qui seront polarisés, le premier perpendiculairement au plan d'incidence, le second suivant ce même plan, se trouveront réfléchis et réfractés indépendamment l'un de l'autre. Il est d'ailleurs important d'observer que le rayon polarisé perpendiculairement au plan d'incidence et par suite renfermé dans ce plan, peut être indifféremment caractérisé avant ou après la réflexion, ou même après la réfraction, si le second milieu est transparent, soit par les déplacements des molécules mesurés parallèlement aux deux axes coordonnés que renferme le plan d'incidence, soit par les déplacements absolus des molécules,

mesurés dans ce même plan sur des droites perpendiculaires à la direction du rayon lumineux.

» De ce qu'on vient de dire il résulte, que pour découvrir les lois générales suivant lesquelles un rayon simple peut être réfléchi ou réfracté par la surface de séparation de deux milieux isophanes dont le premier est transparent, il suffira de rechercher les lois particulières de la réflexion et de la réfraction d'un rayon simple polarisé ou perpendiculairement au plan d'incidence, ou suivant ce même plan. Alors aussi, dans le rayon réfléchi, et même dans le rayon réfracté lorsque le second milieu sera transparent, nous pourrons nous borner à considérer les déplacements absolus des molécules, qui seront mesurés, pour chaque rayon, dans le plan d'incidence ou perpendiculairement à ce plan, mais toujours sur des droites perpendiculaires à la direction du rayon. Enfin, pour rendre le langage plus précis, lorsque les rayons incident, réfléchi et réfracté seront polarisés perpendiculairement au plan d'incidence, ou, ce qui revient au même, renfermés dans ce plan, nous appellerons, pour chaque rayon, nœuds de première espèce, ceux qui précéderont des molécules déplacées dans un sens tel qu'en vertu de leur déplacement elles se trouvent plus rapprochées du second milieu, ou transportées plus avant dans son intérieur. Lorsqu'au contraire les rayons incident, réfléchi et réfracté seront polarisés suivant le plan d'incidence, c'est-à-dire, en d'autres termes, lorsque les vibrations des molécules seront perpendiculaires à ce plan, nous appellerons, pour chaque rayon, nœuds de première espèce ceux qui précèderont des molécules déplacées par rapport au plan d'incidence d'un côté déterminé, par exemple, du côté où se comptent positivement les coordonnées perpendiculaires au plan dont il s'agit. Quand nous disons ici qu'un nœud précède certaines molécules, cela veut dire qu'il est situé sur la direction primitive du rayon lumineux, de manière à s'éloigner de ces molécules en vertu de son mouvement de translation dû à la vitesse de propagation de la lumière.

» Observons encore que, dans l'hypothèse admise, le déplacement absolu d'une molécule, située sur le rayon incident, ou réfléchi, ou réfracté par un milieu transparent, aura pour expression le produit d'un facteur variable par une constante réelle, le facteur variable étant le cosinus de l'angle qu'on obtient en ajoutant un certain paramètre angulaire à ce qu'on peut nommer l'*argument* du rayon que l'on considère, c'est-à-dire, à l'argument du mouvement simple qui répond à ce rayon. Or la constante et le paramètre angulaire, dont il est ici question,

changent de valeurs dans le passage du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, et, pour établir les lois suivant lesquelles ce changement de valeurs s'effectue, ce qu'il y a de plus commode, c'est de recourir de nouveau à la considération des variables imaginaires dont les déplacements des molécules représentent les parties réelles.

» En analyse, on appelle *expression symbolique*, ou symbole, toute combinaison de signes algébriques qui ne signifie rien par elle-même, ou à laquelle on attribue une valeur différente de celle qu'elle doit naturellement avoir. On nomme de même *équations symboliques* toutes celles qui, prises à la lettre, et interprétées d'après les conventions généralement établies, sont inexactes ou n'ont pas de sens, mais desquelles on peut déduire des résultats exacts, en modifiant ou altérant selon des règles fixes ou ces équations elles-mêmes, ou les quantités qu'elles renferment. L'emploi des équations symboliques est souvent un moyen de simplifier les calculs, et d'écrire sous une forme abrégée des résultats assez compliqués en apparence. D'ailleurs c'est évidemment parmi les expressions ou équations symboliques que doivent être rangées les expressions ou équations imaginaires; et, comme nous en avons fait ailleurs la remarque (voyez l'*Analyse algébrique*, chap. VII), toute équation imaginaire n'est que la représentation symbolique de deux équations entre quantités réelles. Cela posé, lorsque, dans les équations linéaires qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de points matériels, on remplacera les déplacements des molécules mesurés parallèlement aux axes coordonnés, par des variables imaginaires dont ces déplacements seront les parties réelles, les nouvelles équations que l'on obtiendra devront être naturellement appelées les *équations symboliques* des mouvements infiniment petits du système, et les variables imaginaires dont il s'agit pourront elles-mêmes être appelées les expressions symboliques des déplacements moléculaires, ou pour plus de brièveté, les *déplacements symboliques* des molécules. Pareillement, les *équations symboliques de condition*, relatives à la surface de séparation de deux systèmes de molécules, seront ce que deviennent les équations de condition relatives à cette surface, quand on y remplace les déplacements effectifs des molécules par leurs déplacements symboliques. Enfin on devra interpréter dans le même sens le mot *symbolique* appliqué comme épithète, soit aux déplacements des molécules d'éther dans un rayon simple de lumière, soit aux équations différentielles ou finies d'un semblable rayon.

» Ces définitions étant admises, considérons en particulier un rayon

simple, polarisé rectilignement et propagé dans un milieu isophane. Nommons d'ailleurs *déviation* le déplacement absolu de la molécule éthérée qui correspond à un point donné du rayon, ce déplacement étant mesuré à partir de la position initiale de la molécule, et pris avec le signe + ou avec le signe —, suivant que la molécule déplacée se trouve située d'un côté ou de l'autre par rapport à la direction primitive de ce rayon. Les déviations de toutes les molécules seront mesurées sur des droites parallèles entre elles et toujours perpendiculaires, si le milieu isophane est transparent, à la direction du rayon lumineux. De plus, la *déviation symbolique* d'une molécule d'éther dans le rayon donné, c'est-à-dire la variable imaginaire dont la déviation de cette molécule représentera la partie réelle, se trouvera exprimée par une exponentielle imaginaire qui aura pour base la base même des logarithmes népériens, et pour exposant une fonction linéaire des coordonnées et du temps. Enfin, la partie de cet exposant qui renfermera les coordonnées sera proportionnelle, si le milieu isophane est transparent, à la distance qui sépare la molécule du second plan invariable, c'est-à-dire du plan fixe mené par l'origine des coordonnées parallèlement aux plans des ondes, et se réduira, au signe près, au produit de cette distance par $\sqrt{-1}$ et par la caractéristique du rayon lumineux. Cela posé, dans tout milieu isophane et transparent, la déviation symbolique d'une molécule d'éther comprise dans un rayon plan, sera tellement liée avec la position initiale de la molécule, que, si l'on mesure sur la direction de ce rayon et dans le sens de la vitesse de propagation des ondes planes une longueur déterminée, le rapport entre les déviations symboliques des molécules primitivement situées à l'extrémité de cette longueur et à son origine, aura pour logarithme népérien, ou le produit de la longueur elle-même par $\sqrt{-1}$ et par la caractéristique du rayon lumineux, ou ce produit pris en signe contraire. Donc, pour obtenir la seconde de ces déviations symboliques, il suffira de multiplier la première par un coefficient imaginaire qui ait pour base la base même des logarithmes népériens, et pour exposant le produit dont il s'agit pris avec son signe ou avec le signe opposé. D'ailleurs, on n'aura point à changer le signe de ce produit, si l'on suppose, comme on peut toujours le faire, que dans l'exposant de l'exponentielle imaginaire qui représente la déviation symbolique d'une molécule, le terme proportionnel au temps offre pour coefficient le produit de $\sqrt{-1}$ par une quantité négative. Nous adopterons cette supposition, et, en conséquence, le coefficient symbolique par lequel on devra

multiplier la déviation symbolique d'une molécule en un point donné d'un rayon plan, pour obtenir la déviation symbolique en un autre point, sera une exponentielle qui aura pour base la base même des logarithmes népériens, l'exposant étant le produit de $\sqrt{-1}$ par la caractéristique du rayon plan, et par la distance du premier point au second, prise avec le signe $+$ ou le signe $-$, suivant que l'on devra, pour passer de l'un à l'autre, marcher dans le sens suivant lequel est dirigée la vitesse de propagation des ondes planes, ou dans le sens opposé.

» Au reste, toutes les fois qu'un rayon simple se propagera dans un milieu isophane et transparent, si l'on mesure les déplacements des molécules parallèlement aux axes coordonnés, ou même parallèlement à un axe fixe quelconque, les déplacements symboliques correspondants seront, d'après ce qu'on a dit au commencement de cette seconde partie, respectivement égaux aux produits de constantes imaginaires par l'exponentielle qui aura pour base la base même des logarithmes népériens, et pour exposant le produit de $\sqrt{-1}$ par l'argument du rayon simple. Ajoutons que la constante imaginaire correspondante à un axe fixe donné sera elle-même le produit de la demi-amplitude d'une vibration mesurée parallèlement à cet axe par une autre exponentielle qu'on obtient en substituant dans la première à l'argument du rayon simple un paramètre angulaire constant. Lorsque le rayon simple est polarisé rectilignement, et que l'axe fixe donné est parallèle aux droites suivant lesquelles s'effectuent les vibrations absolues des molécules, le déplacement symbolique d'une molécule se réduit à ce que nous avons appelé la *déviation symbolique*.

» Il nous reste maintenant à montrer comment les déplacements symboliques et les déviations symboliques se modifient, lorsqu'un rayon plan tombe sur la surface réfléchissante ou réfringente qui sépare un premier milieu isophane et transparent d'un autre milieu supposé isophane, et quelle simplicité la considération des déplacements et déviations symboliques apporte généralement dans les calculs qui servent à établir les lois des phénomènes de polarisation produits par la réflexion ou la réfraction de la lumière. »

RAPPORTS.

Rapport sur un Mémoire de M. le docteur Gerdy, *ayant pour titre :* De la structure des os.

(Commissaires, MM. de Blainville, Serres, et Breschet rapporteur.)

« Le 27 juillet 1835, M. Gerdy est venu devant cette Académie faire des communications sur la structure du tissu osseux, qu'il a considéré dans l'état sain et dans l'état morbide.

» La composition organique des os a été le sujet des recherches des anatomistes de tous les temps, et, après de nombreuses investigations, on devrait croire que l'histoire de ces organes est arrivée à son dernier degré de perfection ; mais les discussions élevées en Italie entre Scarpa (1) et Medici (2), et les travaux de Retzius (3), de Deutsch (4), Purkinje (5), Muller (6), Miescher (7) nous démontrent que tout n'est pas connu sur la structure des os, et que pendant long-temps encore les anatomistes pourront s'exercer sur ce sujet.

» M. Gerdy vous a apporté les fruits de ses investigations, et dans un premier Mémoire il s'est exclusivement attaché à l'étude de la structure des os *considérés dans l'état sain.* On peut ranger sous sept titres différents ce que dit M. Gerdy : il prétend :

» 1°. Que l'apparence fibreuse du tissu compacte est *due à des sillons vasculaires ;*

---

(1) *Anat. et Pathol. ossium.*, Ticini, 1827. — *Comment. de ossium penitiori structurâ.* Lips., 1799.

(2) *Esperienze interno alla tessitura organica delle ossa. Opusc. scient.* Bologna, 1818.

(3) *Mémoire sur la structure des dents.* En suédois.

(4) *De Penitiori ossium structurâ observationes.* — Uratislaviæ, 1834.

(5) *Ibid.* — Voyez aussi : *Isacus Baschroow.* — *Meletemata circà mammalium dentium evolutione.* Uratislaviæ, 1835.

(6) *De Inflammatione ossium eorumque anatome generali.* Berolini, 1836.

(7) *Anat. et Physiol. in univers. litter.*, etc. *Observationes.* Berolini, 1836. — *Vergleichende anatomie der Myxinoiden.* — Berlin, 1835.

» 2°. Que *ces sillons sont longitudinaux dans les os longs, rayonnés et divergents dans certains os plats;*

» 3°. Que le tissu compacte *est composé de canalicules vasculaires adhérents les uns aux autres et divisés comme les sillons qui viennent y aboutir;*

» 4°. Que le *tissu spongieux des auteurs* est composé d'un *tissu canaliculaire*, d'un *tissu réticulaire* et d'un *tissu celluleux;*

» 5°. Que le *tissu canaliculaire loge des vaisseaux dans une foule de canalicules,* à peu près parallèles et longitudinaux, *dans les os longs;*

» 6°. Que *le tissu réticulaire* est formé de *filets autour desquels les vaisseaux s'anastomosent;*

» 7°. Enfin que *le tissu celluleux, assez diversifié dans sa disposition, suit cependant certaines lois générales.*

» Personne ne peut contester l'apparence fibreuse *du tissu compacte* de quelques os, et particulièrement dans les os longs où les fibres paraissent longitudinales; rayonnées ou divergentes dans certains os plats. Mais on ne retrouve pas cette disposition dans les os courts. M. Gerdy considère cette apparence fibreuse comme illusoire et comme due à des canaux vasculaires ouverts à la face extérieure de l'os où l'on aperçoit la tranche des lames intercanaliculaires. *Des sillons précédant les orifices des canalicules sont le plus souvent taillés en bec de plume, et tous ces sillons et ces petits canaux logent des vaisseaux.*

» Le tissu compacte ne serait donc primitivement qu'une réunion de tubes osseux formant une enveloppe solide, une sorte d'étui résistant autour des vaisseaux, et ces canalicules offriraient dans leur mode de formation une disposition semblable à ce qu'on voit arriver sur la diaphyse des os où l'artère nourricière s'entoure d'un cylindre de matière osseuse qui s'étend successivement du centre vers les extrémités de l'organe en constituant ainsi le premier point d'ossification. Ces cylindres à directions très variées sont tellement multipliés et avec des diamètres si différents les uns des autres et parfois si petits, si capillaires, que le microscope seul peut nous les faire apercevoir sur tous les points du tissu osseux et dans l'épaisseur des parois des cylindres qui entourent les vaisseaux, de manière qu'on peut dire que leurs divisions et leurs subdivisions sont à l'infini. Ce que nous n'apercevons pas à l'œil nu, le microscope nous le fait reconnaître dans les os sains, et cette disposition devient des plus manifestes par le travail de l'inflammation.

» Le *tissu canaliculaire* est un ensemble de petits canaux parcourus par

des vaisseaux. Il occupe dans les os longs la circonférence et les extrémités du canal médullaire et non le centre. Les os plats en sont presque entièrement dépourvus, mais les os courts en contiennent dans une médiocre proportion. Ces canalicules dans les os longs forment des vides allongés, ou canaux légèrement inflexes et tortueux, marchant parallèlement les uns aux autres, et leurs parois sont percées d'une multitude de trous pour le passage des vaisseaux *anastomotiques canaliculaires.*

» Ces canalicules tirent leur origine du conduit du vaisseau médullaire dans les os longs, et se portent parallèlement vers les extrémités de l'os en se multipliant de plus en plus.

» Si l'on examine les os d'un jeune sujet, on aperçoit que les lames cartilagineuses qui séparent la diaphyse de l'épiphyse, sont autant de barrières sur lesquelles viennent finir les canalicules. Mais lors de la métamorphose de ces diaphragmes cartilagineux en tissu osseux, alors les canalicules perforent cette cloison, vont au-delà et parviennent jusqu'aux extrémités du cylindre osseux.

» Dans les os courts ces canalicules arrivent jusqu'à de larges ouvertures extérieures vasculaires ou à une surface articulaire; mais alors ils doivent former, suivant nous, un cul-de-sac, car toute surface articulaire est pourvue d'un cartilage dont les communications avec le tissu osseux sont peu ou point distinctes.

» Le *tissu réticulaire* admis depuis long-temps, et que Bichat regarde comme une simple modification du tissu celluleux, doit, suivant M. Gerdy, en être distingué parce qu'il est formé non de canalicules mais d'un réseau de filets autour desquels les extrémités terminales des vaisseaux médullaires se ramifient et s'anastomosent. Ce tissu occupe principalement l'axe des os longs, et, après l'achèvement de l'ossification, ce tissu réticulaire existe jusque dans le milieu de l'épiphyse et à quelques lignes de la surface articulaire. Ce réseau offre des mailles d'autant plus lâches et plus larges qu'on se rapproche davantage de l'axe de l'os, et que l'on est à une plus grande distance des extrémités.

» Le *tissu celluleux ou aréolaire* appartient aux épiphyses des os longs, à l'intérieur des os plats et des os courts, et offre trois variétés de formes.

» 1re. *Forme quadrilatère à canalicules entrecoupés;*

» 2me. *Forme arrondie;*

» 3me. *Forme cellulaire ou aréolaire allongée.*

» Tous ces espaces aréolaires, canaliculés ou réticulés, etc., sont oc-

cupés par des vaisseaux sanguins, et M. Gerdy rappelle qu'on admet dans la science trois sortes de vaisseaux dans le tissu des os : 1° ceux du tissu compacte ; 2° ceux du tissu celluleux ; 3° ceux du canal médullaire. Les os ne sont donc qu'un réseau vasculaire, ou une sorte de faisceau de petits canaux de formes variées, représentant des étuis dans lesquels sont placés ces vaisseaux. M. Gerdy n'admet point de contact immédiat entre la surface extérieure des tuniques vasculaires et la paroi interne de ces petits conduits osseux. Une couche d'un liquide huileux ou suc médullaire, sépare les tubes solides et les canaux vasculaires.

» Au Mémoire de M. Gerdy sont annexées des planches lithographiées représentant, d'après des os secs, les divers conduits dont est percé le tissu osseux.

» Telle est l'analyse de la première partie des recherches de M. Gerdy. Voyons maintenant ce que possède déjà la science sur ce point d'histologie, afin de pouvoir indiquer avec justice les progrès que M. Gerdy a fait faire à l'anatomie *de structure*.

» Malpighi (1) a considéré les os comme composés de filaments réunis entre eux d'une infinité de manières, et constituant un réseau dans les mailles duquel est déposé un suc osseux. Dans les os tubuliformes (*in ossibus tubulosis*) les filaments sont longitudinaux, tandis que dans les os plats du crâne ils vont en divergeant du centre vers la circonférence, et si ces filaments ne tirent pas leur origine des fibres tendineuses, certainement, il y a entre ces parties des adhérences intimes. Bichat (2), Meckel (3) et Autenrieth (4), ont admis les idées de Malpighi, le plus ordinairement sans y rien changer; et ils pensent que les filaments celluleux et primitifs des os ne font ensuite que s'incruster de matière osseuse.

» Gagliardi (5) a prétendu que les os sont constitués par des squammes en nombre infini, formées par le dépôt d'un suc concrescible. Toutes ces lames sont retenues les unes contre les autres par de petites chevilles qu'il rapporte à quatre genres distincts. Les vaisseaux sanguins s'engagent entre les lamines osseuses et parcourent tous les espaces qu'elles laissent entre elles. D'après la conformation de ces petites lames, il établit trois espèces (*laminæ corrugatæ, cribriformes, reticulatæ*).

(1) Marc Malpighi, *Anat. plantar.*, Lond. 1675; *opera posthuma*. Lond., 1698.

(2) *Anat. gén.*, tom. 2.

(3) *Manuel d'Anat. hum. descr. et pathol.*, tom. 1.

(4) *Handbuch d. empir. mensch. Physiol.*, tom. 3, p. 359.

(5) *Anatome ossium, novis inventis illustrata*. Lugd. Batav., 1723.

» Cl. Havers (1) assure que les particules les plus minimes des os sont oblongues, qu'elles adhèrent par leurs extrémités, sont disposées sans aucun ordre apparent et forment un tissu spongieux. Il dit en outre avoir découvert dans la substance compacte et corticale des os deux espèces de pores ou de canaux (*duas in substantiâ durâ corticali pororum seu canaliculorum species invenit*) dont les uns sont longitudinaux et les autres transverses. Les vaisseaux pénètrent entre les lames osseuses et s'y distribuent.

» Bœhmer (2), Reichel (3), Haller (4), Blumenbach (5), Duhamel (6), de Lassone (7), Marrigues (8), etc., ont admis l'existence de la nature fibreuse et lamelleuse des os.

» Th.-S. Sœmmering (9) prétend que les os sont formés soit de fibres, soit de lamelles ou cellules; mais il excepte les dents et l'os du labyrinthe.

» Albinus (10) admet aussi des lamelles faciles à reconnaître chez l'adulte, mais qui ne paraissent pas exister dans le premier âge. Dans les os longs la substance spongieuse diminue, et la corticale augmente, laquelle est formée de lamelles intimement unies entre elles, et laissant des espaces de plus en plus petits de formes variées et dans lesquels non-seulement la moelle, mais encore les vaisseaux sont renfermés.

» *Caldani* (11), professeur à Padoue, s'est attaché à démontrer la nature lamelleuse des os, et *Medici* (12), professeur à Bologne, a cherché en débarrassant les os de leur sel calcaire, de rendre manifestes les lames dont il dit qu'ils sont composés. Une longue polémique a existé à ce sujet entre ce dernier professeur et le célèbre *Scarpa*.

» Medici a reconnu que la structure lamelleuse est moins manifeste dans les os du corps humain que dans ceux des animaux. Il croit que

---

(1) *Novæ quædam observationes de ossibus.* Lugd. Batav., 1734.

(2) *Institutiones osteologicæ.* P. 13 et 14.

(3) *De Ossium ortu et structurâ.* Lips., 1769.

(4) *Oper. minor.*, tome 11, page 1. — *Elem. Physiol.*, tome 8.

(5) *Gesch. u. Beschr. d. Knochen d. Mensch. Korpers.* Gœtting., 1786.

(6) Mémoires de l'Académie royale des Sciences, 1741—42—43.

(7) Mémoires de l'Académie royale des Sciences, 1751—1752.

(8) *Loc. cit.*

(9) *De Corporis humani fabricâ*, tom. 1.

(10) *Adnotationes Acad.*, lib. VII, *De constructione ossium.*

(11) *Memorie sulla struttura della ossa umane e bovine.* Padova, 1804.

(12) *Loc. cit.*

les cellules sont formées par des fibres qui laissent entre elles de très petits intervalles et que ces filaments qui sont réunis aux fibres, se maintiennent réciproquement dans leurs rapports naturels.

» Scarpa (1), rejetant entièrement l'existence des fibres et des lamines, s'est efforcé de prouver que la substance compacte corticale et la substance spongieuse, sont de même nature, ou ne diffèrent entre elles que par la petitesse et le resserrement des espaces que ces fibres ou ces lamelles laissent entre elles. L'os est donc suivant lui un tissu réticulé celluleux.

» Après ces auteurs, nous devons parler de ceux qui se sont aidés du microscope pour étudier la structure des os.

» Ant. Leeuwenhoeck (2) a reconnu quatre espèces de pertuis sur une squamme prise sur un fémur de bœuf. Les plus petites ouvertures étaient tellement resserrées qu'on pouvait à peine les apercevoir. Les secondes apparaissaient comme de petites taches brunâtres; les troisièmes, plus manifestes, observaient dans leur disposition un certain ordre comparable à celui des grands vaisseaux des arbres. On les voyait en effet, former des cercles concentriques, ce qui fit comparer cette disposition pour l'ossification, à celle qui appartient à la formation du tissu ligneux. Enfin la quatrième espèce d'ouvertures dans la substance des os était remarquable par sa grandeur; mais elle était la moins répandue. Leeuwenhoeck pense que tous ces pertuis sont les orifices des tubes osseux. Ainsi la partie solide des os serait donc formée de quatre espèces de canaux parcourant les os suivant leur longueur.

» Outre ces canaux, Leeuwenhoeck décrit deux autres espèces de conduits qui vont dans une direction contraire, de la partie intérieure des os à leur superficie.

» Clopt. Havers (3), qui faisait calciner les os avant de les soumettre à son observation sous le microscope, et Reichel qui les soumettait d'abord à l'action d'un acide, admettent deux ordres de canaux qu'on peut rapporter à la troisième et à la quatrième espèce de Leeuwenhoeck.

» D'après ses observations pour ce qui regarde la structure canaliculée des os, Howship (4) a constaté l'existence de petits conduits qui vont s'ou-

(1) *Comment. de ossium penitiori structurâ.*

(2) *Opera omnia, seu arcana naturæ, ope exactiss. microsc. detecta, experimentis variis comprobata.* Lugd. Batav., 1722.

(3) *Loc. cit.*

(4) Voyez les *Transactions de la Société médico-chirurgicale de Londres,* et la traduction allemande de Cerutti, p. 20-35.

vrir, soit dans le canal médullaire, soit à la surface extérieure des os. Ces canalicules sont remplis par une substance blanchâtre. Des vaisseaux nombreux qui les parcourent sont fort petits comparativement à l'aire de ces canalicules. La différence de diamètre de ces petits conduits dans les os calcinés et dans les os non soumis à l'action du feu, lui a fait penser que chez ces derniers une membrane doit les tapisser.

» Le célèbre professeur Purkinje a, dans ces derniers temps, soumis le tissu osseux à de nombreuses investigations. Il décrit d'après ses observations microscopiques la structure qu'il pense avoir découverte dans le tissu osseux. Déjà plusieurs de ses disciples, et particulièrement M. Valentin, professeur à Berne, et M. Deutsch (1) ont publié les résultats des recherches de M. Purkinje et ceux de leurs propres observations faites sous la direction de leur maître.

» A peu près à la même époque (1836), M. Miescher (2) a fait paraître à Berlin une dissertation sur l'anatomie générale du système osseux et sur l'inflammation de ce même tissu. Il admet dans le tissu des os trois formes différentes pour l'arrangement des parties : 1° des lames qui correspondent au contour de l'os; 2° des canaux et des cellules qu'entourent des lamelles concentriques; 3° des corpuscules particuliers qui sont dispersés, soit entre les lamelles, soit dans leur épaisseur même.

» Les lamelles ne paraissent pas appartenir aux os des enfants, mais elles deviennent manifestes dans ceux des adultes, surtout si les os sont tubuleux. Elles constituent la partie corticale ou couche externe superficielle. A mesure qu'on se rapproche du canal médullaire, le nombre des canalicules croissant de plus en plus, elles finissent par disparaître. Sur les os du crâne, bien mieux que sur tous les autres, on aperçoit très distinctement ces lamelles, soit sur le feuillet compacte extérieur, soit sur l'intérieur ou lame vitrée. On les reconnaît aussi sur la surface extérieure du scapulum, des os du bassin, du sternum, des vertèbres, bien que ces os soient percés d'un nombre infini de pertuis. On les trouve même dans les canaux et les conduits osseux qui transmettent les nerfs et les vaisseaux. M. Miescher avoue n'avoir pu découvrir comment ces lamines sont unies entre elles. Il paraît croire qu'elles ne sont ni parallèles entre elles, ni disposées à la manière d'un réseau.

» M. Deutsch fait disparaître cette difficulté en admettant des canalicules

---

(1) Deutsch. — *De penitiori ossium structurâ observationes*. Uratislaviæ, 1835.

(2) *De Inflammatione ossium eorumque Anatome generali*. Berolini, 1836.

très nombreux placés transversalement entre ces lamines et destinées non-seulement à les unir, mais encore à transporter la matière calcaire.

» Des canalicules existent, en effet partout, dans la substance compacte des os et dans toutes les directions. Sur le squelette de l'embryon, on les voit procéder de la diaphyse aux extrémités articulaires des os longs et sur les os plats du crâne, du centre à la circonférence de ces mêmes os. Cependant ils ne sont pas tellement réguliers qu'ils n'empiètent pas les uns sur les autres, de manière à former un réseau. La cavité de ces canalicules est en général cylindrique, et le plus ordinairement plus petite dans ceux qui correspondent à la surface extérieure des os, d'où résulte une dureté plus grande de cette couche corticale. Ces canalicules s'ouvrent aussi dans une substance spongieuse. Suivant M. Miescher ils contiennent la moelle ou une substance analogue, et dans les grandes cellules on voit distinctement des vésicules adipeuses. En outre, il faut y admettre des vaisseaux nombreux que leur couleur rouge et l'écoulement du sang dans les amputations rendent manifestes; mais il est difficile d'en assigner la direction, parce que l'injection avec des matières colorées est très difficile et que ces vaisseaux sont obstrués par le sang qui s'y trouve coagulé. Si l'injection est heureuse, l'opacité des os est un obstacle aux observations microscopiques, et si l'on attaque le tissu osseux par les acides, les matières colorantes des injections sont altérées ou détruites.

» M. Miescher a cependant pu apercevoir des rameaux vasculaires extrêmement fins se porter de la surface externe ou du canal médullaire dans les canalicules, et passer de là dans les canalicules latéraux.

» En dernière analyse, M. Miescher pense que la substance spongieuse n'est formée que par des canalicules amplifiés; que le canal médullaire lui-même doit être considéré comme résultant de la réunion de ces canalicules amplifiés. Enfin, ces canalicules enveloppés de lamelles concentriques et contenant la moelle par de nombreux vaisseaux sont les éléments de la forme primitive du tissu osseux qui se perfectionne par son développement.

» Scarpa avait donc raison de dire que la partie dure de ces os était formée par du tissu cellulaire réticulé; mais Bichat avait certainement tort d'admettre l'existence d'un système médullaire et surtout d'un canal ou d'une membrane médullaire distincte et isolée.

» *Corpuscules*. Leeuwenhoeck (1) paraît être le premier qui ait signalé

(1) *Loc. cit.*, p. 201.

les corpuscules sous la désignation de taches brunâtres qu'il croyait être les ouvertures du second ordre de ses tubes ou canaux.

» Il faut arriver jusqu'à Purkinje pour voir découvrir de nouveau ces corpuscules et en indiquer la nature. Cet habile micrographe dit qu'on trouve ces corpuscules dans tout le tissu osseux après qu'on l'a débarrassé de sa matière solide par l'action d'un acide. Alors ils ressemblent à des taches de couleur brunâtre, d'un diamètre très petit, brillant à leur centre et limitées par une ligne bien distincte et opaque. Leur forme est ovalaire, plus ou moins comprimée et finissant en pointe. A un fort grossissement du microscope on reconnaît que leur bord est dentelé. Situés entre deux lamelles, le diamètre de ces corpuscules est longitudinal et légèrement oblique entre ces lames. Ces corpuscules sont plus difficiles à découvrir et à bien voir lorsque la matière terreuse des os n'a pas été retirée, car ils sont opaques.

» Les recherches de M. Gerdy ne paraissent pas d'abord avoir un rapport direct avec celles dont nous avons parlé en dernier, parce qu'il s'est arrêté, lorsqu'à l'œil nu il n'a plus distingué la structure du tissu osseux; mais les recherches des micrographes ne sont que ces mêmes investigations portées plus loin en pénétrant dans la structure intime de l'organe et en étudiant non-seulement les vaisseaux, mais encore comment les lamines et les fibres tiennent les unes aux autres.

» Nous devons aussi comparer les recherches de M. Gerdy avec celles de M. Bourgery, et ici s'élève une question de priorité qui nous a arrêtés quelque temps, et qui a exigé des recherches particulières. Il résulte de notre examen attentif, qu'en 1833 M. Gerdy avait déjà publié par avance les résultats de ses investigations sur la structure du tissu osseux, dans la deuxième partie de son *Traité de Physiologie* rédigé et mis en vente vers la fin de 1832, bien que le livre porte la date de 1833. Vers cette même époque un anatomiste plein de zèle et de talent, M. Bourgery, a parlé dans son grand *Traité de l'Anatomie de l'Homme,* de la conformation intérieure des os; mais dans les premières livraisons de cet ouvrage, rien ne porte à penser qu'il y ait entre les idées de cet auteur et celles de M. Gerdy, la moindre conformité, la moindre ressemblance. En effet, M. Bourgery ne voit dans les canalicules du tissu spongieux, que des colonnettes propres à augmenter la résistance des os, et il ne signale pas le moindre rapport entre ces colonnettes et les vaisseaux qu'elles renferment. Les aréoles oblongues sont, dit-il, formées par de petites cloisons incurvées, et dont les parois sont percées de trous cir-

culaires; superposées les unes aux autres, elles sont disposées par lignes ou stries longitudinales et parallèles, et représentent comme des faisceaux de petites colonnes creuses dont la cavité serait interrompue par de fréquentes cloisons transversales.

» Elles appartiennent aux extrémités des os longs et reportent manifestement le poids des surfaces articulaires sur la substance compacte de la diaphyse, qui augmente progressivement d'épaisseur à mesure qu'elle supporte un plus grand nombre de ces colonnes. (Bourgery, tome 1er, p. 41.)

» Depuis cette première époque, M. Gerdy a présenté, le 27 juillet 1835, à l'Académie des Sciences, le Mémoire dont nous rendons compte et dont les idées diffèrent de celles de M. Bourgery; mais soit que ce dernier ait modifié ses idées d'après celles de M. Gerdy, soit que les changements et les développements qu'on trouve plus tard à ce sujet, dans le même ouvrage, résultent de ses propres recherches, car le caractère de M. Bourgery est des plus honorables, et cet anatomiste, tout entier livré à l'étude de la structure du corps animal, a pu découvrir l'observation du tissu osseux sans avoir eu connaissance des publications de M. Gerdy, toujours est-il qu'en 1838 il a repris son travail à l'occasion des organes de la circulation.

» Dans cette partie de son ouvrage, il cherche à montrer les formes des vaisseaux dans les os, et il signale l'harmonie établie par la nature entre les deux conditions de résistance et de nutrition, l'ostéo-dynamie et l'ostéo-angéionie (Bourgery, tome IV, page 144); il dit : « 1° Dans l'accord » de la fibre proprement osseuse avec le canal sanguin, la nature a établi » une harmonie telle, que le même élément organique remplit à la fois » ce double usage de support et de voie circulatoire; 2° dans la substance » compacte entre les lamelles, ou mieux entre les fibres osseuses parallèles, sont situés les vaisseaux sanguins; 3° dans la substance spongieuse, » les colonnettes, organes de la sustentation par leurs parois osseuses » sous le rapport dynamique, sont également, par le canal multiloculaire » qu'elles renferment, des réservoirs pour le sang au point de vue de la » circulation. »

» M. Bourgery parle aussi des canaux veineux libres; mais le rapporteur de votre Commission avait, bien long-temps auparavant, fait l'histoire de ce mode de vascularité et de circulation sanguine dans le tissu des os; il a même établi, dans un premier Mémoire inséré dans les *Actes de l'Académie des Curieux de la Nature*, que les canaux veineux des os forment

par leurs divisions, leurs subdivisions et leur manière de communiquer dans les diverses substances des os avec les canalicules et les cellules, *une sorte de corps caverneux;* et il compare le système osseux pénétré par une grande quantité de sang, à un véritable *diverticulum sanguinis*. De là à un réseau vasculaire plus fin, il n'y a qu'un pas à faire.

» En résumé, M. Bourgery a confirmé, par son dernier travail (1838), les observations antérieures et différentes de M. Gerdy et de l'un de vos commissaires. Il sait comme eux, d'ailleurs, que les os sont aussi vasculaires que les tissus qui le sont le plus. Les veines et les artères qui pénètrent la substance osseuse proprement dite, n'y existent cependant qu'à un degré de capillarité microscopique.

» M. Gerdy n'a d'ailleurs point fait usage du microscope dans ses recherches, et nous le regrettons, parce qu'à l'aide de cet instrument, il aurait pu donner à son travail tout le fini désirable, et ne rien laisser à trouver après lui; mais nous devons considérer les observations avec le microscope faites par Purkinje, Deutsch, Valentin, J. Muller et Miescher, comme un complément des travaux de MM. Gerdy et Bourgery. Il a tout observé avec ses yeux seuls, ou aidé d'une simple loupe; mais les études qu'il a faites en même temps sur les os malades et sur les os des animaux (de bœuf, de cheval, et de quelques autres mammifères), l'ont singulièrement éclairé sur la structure intime du tissu osseux. Aussi, tout en négligeant le secours d'un instrument aussi puissant que le microscope, il n'en est pas moins parvenu à des résultats très intéressants, par cette méthode comparative des tissus sains avec les tissus malades.

» Ces résultats, nous les avons énoncés en commençant; mais quelque importants qu'ils soient sous le rapport purement anatomique, ils le sont davantage encore par la lumière qu'ils répandent sur les maladies des os. C'est ce que nous tâcherons de démontrer dans notre rapport sur le deuxième Mémoire de M. Gerdy, qui a pour objet l'anatomie des os malades et l'explication de leurs altérations.

» La grande vascularité du tissu osseux paraît donc être aujourd'hui un fait anatomique bien démontré et bien reconnu. Il est incontestable que M. Gerdy a puissamment contribué à mettre cette vérité hors de toute contestation; mais ses dissections ayant été faites sur des os secs, sans injection préalable, il n'a pu juger de la vascularité de ces organes, que d'après le grand nombre de petits canaux ou de petits cylindres creux dont les os sont composés; il n'a pas pu s'expliquer sur l'espèce de vaisseaux renfermés dans ces petits tubes : il a cependant reconnu qu'ils

contiennent des vaisseaux sanguins et un liquide huileux, qu'il considère, avec raison, comme étant le suc médullaire.

» Votre Commission, considérant cette première partie du travail de M. Gerdy comme digne de l'attention de l'Académie, engage ce savant à poursuivre et à compléter des recherches aussi importantes. Elle vous proposerait d'insérer le Mémoire de cet anatomiste parmi ceux des *Savants étrangers*, si elle ne savait pas que M. Gerdy désire lui donner une autre destination. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

PALÉONTOLOGIE. — *Ossements fossiles d'éléphant provenant d'un terrain attenant à l'hospice Necker.*

M. Flourens rend compte des résultats des nouvelles fouilles exécutées, conformément à la décision de l'Académie, dans le lieu où avaient été trouvés les ossements fossiles d'éléphant dont il a été fait mention dans les séances du 10 et du 17 décembre dernier (voir le *Compte rendu*, tome VII, pages 1027 et 1051). De nouveaux ossements ont été découverts, mais n'ont pu être retirés que par fragments. On a reconnu sur place :

1°. Un omoplate ;
2°. Un fémur ;
3°. Un tibia et un péroné ;
4°. Les os du tarse et du métatarse ;
5°. Trois côtes.

Il paraît donc suffisamment démontré, dit M. Flourens, qu'il y avait en ce lieu non pas quelques os isolés seulement, mais le squelette entier d'un Mammouth (*Elephas primigenius*).

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie du scrutin, à l'élection d'un membre pour remplir, dans la section d'Économie rurale, la place vacante par suite du décès de M. *Huzard*.

La section avait présenté la liste suivante de candidats :

1°. MM. Boussingault et Payen, *ex æquo*.
2°. M. Decaisne,
3°. M. Poiteau.

Le nombre des votants est de 54. Au premier tour de scrutin,

M. Boussingault obtient. . . . . . . 40 suffrages
M. Payen. 11
M. Gasparin. 1

Il y a deux billets blancs.

M. **Boussingault**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé membre de l'Académie. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Roi.

Une Commission composée de MM. Arago, Turpin, Gambey, Séguier, est chargée de faire un rapport sur un *microscope* présenté à la séance précédente par M. **Noel Lerebours.**

La Commission chargée de faire un rapport sur un travail de M. **Wilback** concernant les *courbes à court rayon*, est complétée par l'adjonction aux membres précédemment nommés, MM. Poncelet, Séguier, de trois nouveaux membres, MM. Arago, Cordier, Coriolis.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Nouvelles observations de température faites dans les cavernes chaudes de Montels, près de Montpellier; par* M. **Marcel de Serres.**

(Commissaires, MM. Arago, Élie de Beaumont.)

« J'ai déjà appelé l'attention de l'Académie, dit M. Marcel de Serres, sur les cavernes de Montels, si remarquables par leur température élevée. J'ai voulu depuis m'assurer si la température de la roche dans laquelle ces cavernes sont creusées, ne serait pas encore plus élevée. A cet effet, deux trous cylindriques de capacité suffisante pour recevoir des thermomètres, ont été pratiqués, l'un dans la salle de gauche des cavernes Montels, située vers le nord-ouest, l'autre dans la salle de droite, qui est au nord-ouest. Les instruments y ont été placés en juillet et retirés le 11 août suivant; dans l'intervalle, personne n'avait pénétré dans les cavernes, dont la grille avait été tenue fermée.

» Le thermomètre de gauche, à l'instant où on l'a retiré, marquait $+ 22°,55$; porté de suite sur le limon rougeâtre qui remplit les fissures et garnit le plancher de la caverne, il est descendu jusqu'à $+ 21°,60$, point où il est resté stationnaire.

» Le thermomètre de droite était sali, et n'a pu être lu au moment où on l'a retiré du trou; après que l'échelle eut été nettoyée, ce qui exigea quelque temps, il marquait encore + 21°,75, température supérieure à celle du limon. . . . . »

PALÉONTOLOGIE. — *Note sur divers fragments de mâchoires supérieures et inférieures rapportées à un genre éteint de rongeurs fossiles* (Paleomys arvernensis); *par* MM. DE LAIZER *et* DE PARIEU.

(Commission nommée pour un précédent Mémoire des mêmes auteurs sur des ossements fossiles de rongeurs voisins des Échymys.)

« Les fragments qui font l'objet du nouveau Mémoire nous paraissent, disent les auteurs, ne pouvoir être rapportés à une seule espèce, mais à plusieurs appartenant à un genre unique non encore décrit, et qui serait voisin des Chinchillas. »

GÉOLOGIE. — *Note sur le terrain houiller de la France centrale; par* M. BOUBÉE.

(Commissaires, MM. Brongniart, Cordier, Élie de Beaumont.)

« Ce Mémoire, dit l'auteur, a pour but de démontrer :

» 1°. Que le terrain houiller du centre de la France se divise en trois groupes nettement distincts, et correspondant ensemble à l'entière période des terrains dits de transition, et non pas, comme on le pense généralement, à la seule partie supérieure de ces terrains;

» 2°. Que par les accidents fort remarquables que présentent ces dépôts, on peut reconnaître dans la France centrale trois époques de dislocation très distinctes, mais toutes trois très anciennes; nul autre grand relèvement de terrain n'ayant eu lieu postérieurement à la formation des houilles;

» 3°. Que ces dislocations anciennes, quoique très violentes et très étendues, n'ont cependant produit sur les roches de sédiment aucune altération sensible, aucune de ces modifications maintenant admises par plusieurs géologues. »

CONCHYOLOGIE. — *Description et figure d'une nouvelle Hippurite trouvée aux environs d'Uzès* (Gard); *par* M. D'HOMBRES-FIRMAS.

(Commissaires, MM. de Blainville, Milne Edwards.)

ÉCONOMIE RURALE. — *Mémoire sur la conservation des grains et des farines ; par* M. DE SAINTE-CROIX.

(Commissaires, MM. Gay-Lussac, Becquerel, Audouin.)

M. LEROY D'ÉTIOLLES écrit que chez plusieurs malades affectés de maladies des voies urinaires, il a aperçu dans l'urine, au moment où elle venait d'être émise, des animaux microscopiques dont les uns paraissent être nouveaux, pendant que d'autres se rapportent à des espèces déjà décrites par M. Ehrenberg.

« La présence de ces animaux n'a été encore constatée, dit M. Leroy, que dans l'urine de gens qui avaient des maladies de la prostate, mais non pas dans tous les cas où cette glande était affectée. »

(Commissaires, MM. Magendie, Turpin.)

M. JACQUEMIN adresse pour le concours au prix de Physiologie expérimentale un Mémoire imprimé sur l'*anatomie de la Corneille.*

(Commission pour le concours au prix de Physiologie.)

M. VALLOT adresse une note dans laquelle il a eu pour objet de rattacher aux observations qu'il a faites sur un cas de *monstruosité dans les organes de la génération du cheval*, les indications de cas analogues que l'on trouve dans divers ouvrages d'Anatomie ou de Médecine.

Cette note est renvoyée à l'examen de M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire.

CORRESPONDANCE.

M. le MINISTRE DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS transmet une demande de M. d'Asisa tendant à ce que l'Académie charge une Commission d'examiner un *extrait de bois de Campêche* préparé par M. BROCCHIERI.

Il sera répondu à M. le Ministre qu'une Commission avait été déjà nommée à cet effet sur la demande de M. Brocchieri, et qu'elle a déclaré qu'il n'y avait pas lieu à faire de rapport, tant que l'auteur n'aurait pas fait connaître son procédé.

ZOOLOGIE. — *Résultats d'observations faites sur la coquille de l'huître commune* (Ostrea Edulis, L.); *par* M. LAURENT. (Extrait.)

« Les deux valves de l'huître offrent, à partir du sommet jusqu'à l'impression musculaire, des lames séparées par des cavités ou espaces plus ou moins irréguliers.

» Ces cavités, qui n'avaient été observées que dans la valve inférieure, sont moins étendues et moins nombreuses dans la valve supérieure ou plate. Elles offrent quelquefois, dans la valve inférieure des huîtres non gênées dans leur accroissement, une disposition ressemblant un peu à celle des coquilles polythalames univalves. Cette disposition, qui simule la structure polythalamique (1), est due à une série de lames espacées. Ces lames, superposées, sont dures, translucides, plus ou moins infundibuliformes; quelquefois même, la forme d'entonnoir passe à celle d'un véritable tube fermé en haut.

» Les entonnoirs ou les tubes n'existent que dans la valve inférieure; leur série n'est point régulièrement curviligne.

» Toutes les cavités des deux valves de l'huître contiennent un liquide aqueux et fétide. Ce liquide est de l'eau de mer devenue fétide par la stagnation; ce qui est indiqué par le sable plus ou moins grossier qu'on trouve quelquefois dans les cavités de la valve inférieure seulement.

» Les cavités manquent fréquemment dans la valve supérieure ou plate.

» L'existence d'un liquide dans les cavités de la coquille de l'huître, nous semble, dit M. Laurent, devoir être rapprochée du fait observé par M. Benett sur la coquille du Nautile Pompilius, dont les loges contiennent de l'eau qu'il a vu s'écouler. Il est regrettable que M. Benett n'ait point indiqué l'odeur de ce liquide.

» A la surface interne de chaque valve, on voit, près du sommet, une dépression punctiforme (d'environ 1 millimètre de diamètre), qui répond à une légère saillie du manteau de l'animal, appliquée et très peu adhérente sur ce point.

» Sur la valve inférieure, cette dépression est tantôt au fond de l'entonnoir, tantôt à côté, et le plus souvent en arrière du point correspondant au tube, qui est toujours bouché en haut.

» La dépression punctiforme de la valve supérieure n'est jamais au fond

---

(1) Cette structure a déjà été indiquée par M. R. Owen dans les huîtres, les éthéries, dans le *spondylus varius* et le *vermetus gigas*. (*Magas. of nat. Hist. N. S.* 1838, p. 407.)

d'un entonnoir, ni au bout d'un tube, attendu que cette valve en est toujours dépourvue.

» Les deux dépressions punctiformes sont placées à 1 centimètre environ du ligament, et sur deux points diamétralement opposés.

» Elles nous paraissent être deux petites surfaces d'insertion pour les deux saillies du manteau, qui semblent représenter les vestiges d'un muscle adducteur antérieur.

» La saillie du manteau qui répond à l'entonnoir ou au tube, après avoir sécrété ces deux parties, adhère tantôt sur le même point, tantôt à côté, plus souvent en arrière; ce qui tient aux mouvements de l'animal, qui se soulève pour se préparer à sécréter une nouvelle lame. »

ANATOMIE MICROSCOPIQUE. — *Note sur le sang de l'éléphant; par* M. le professeur **Schultz**, de Berlin. (Extrait.)

« Un éléphant ayant été tué à Postdam et apporté ensuite à l'École vétérinaire de Berlin, M. Schultz en examina le sang au microscope et trouva que les globules ou *vésicules* de ce liquide diffèrent plus entre eux que dans le sang des autres mammifères observés jusque alors; il attribue ces différences à la présence simultanée de vésicules jeunes, adultes et vieilles, c'est-à-dire à des corpuscules parvenus à diverses périodes de l'espèce d'accroissement qu'il leur suppose. C'est, suivant l'auteur, principalement par la grande quantité de vésicules jeunes avec des membranes peu ou point colorées que le sang de l'éléphant diffère du sang des autres mammifères; parmi ces corpuscules les uns lui ont paru *globuleux*, d'autres *aplatis* et d'autres encore *pliés singulièrement* comme ceux des têtards de grenouilles et de salamandre figurés dans les deux planches n°s 5-9 de son ouvrage sur la circulation; il annonce aussi l'existence d'autres vésicules ou globules *sémilunaires* et *elliptiques;* enfin il considère ces particularités de formes comme démontrant un passage entre les corpuscules du chyle et ceux du sang. (C'est sur le cadavre que M. Schultz a recueilli le sang dont il donne ici la description.) »

M. **Marcel de Serres** écrit relativement à la découverte qu'il annonce avoir été faite récemment au *Brésil* par un naturaliste danois, M. *Lund*, d'un grand nombre d'*ossements fossiles*, parmi lesquels se trouverait une espèce nouvelle de singe, outre beaucoup d'autres espèces de mammifères non encore connues des naturalistes.

M. *Chervin* adresse l'extrait d'une lettre de M. Clot-Bey relative à la question de la *peste* et des mesures sanitaires qu'on a prises en Égypte contre cette maladie. On commence à reconnaître, dit M. Clot, que les quarantaines qu'on a établies dans ce pays, il y a sept ans, ont été sans résultats avantageux.

M. Bonnet adresse une Note qu'il a insérée dans un journal du département des Deux-Sèvres, relative aux fluctuations que présente à une certaine époque de l'année la fontaine de Vérine, commune de Rom (Deux-Sèvres).

Cette Note est renvoyée à M. Arago.

M. Guimbertaud adresse une Note concernant la *théorie des parallèles*.

M. Fabrizi adresse un paquet cacheté concernant les *maladies de l'oreille* et certains appareils destinés au traitement de ces maladies.

M. Amyot adresse un paquet cacheté concernant un *système de signes applicable aux télégraphes ordinaires*.

L'Académie accepte le dépôt des deux paquets.

A quatre heures et demie l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à six heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 3, in-4°.

Nouvelles Annales des Voyages et des Sciences géographiques; décembre 1838, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; tome 28, décembre 1838, in-8°.

Anatomie et physiologie de la Corneille; 1re partie (*Ostéologie*), *par*

M. JACQUEMIN ; Paris, 1837, in-4°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours de Physiologie expérimentale.)

Dictionnaire des Études médicales pratiques; tome 2, in-8°.

Notice géologico-botanique sur l'arrondissement de Moissac; par M. A. LAGRÈZE FOSSAT; Montauban, in-8°.

Notice sur les Terrains d'attérissement, et en particulier sur les Buttes coquillères de Saint-Michel en l'Herm; par M. RIVIÈRE; in-8°.

Herniarum corporis humani tabulæ anatomico-pathologicæ ac chirurgicæ; auct. C. SALOMON et P. SAVENKO; in-fol.

Eliæ Buliasky tabulæ anatomico-chirurgicæ, operationes ligandarum arteriarum majorum exponentes; in-fol.

An account.... *Relation de la mesure d'un Arc du méridien, formant la continuation du grand arc méridional de l'Inde; par* M. F. EVEREST; Londres, 1830, in-4°.

The expediency... *Métrologie indienne; par* M. JERVIS; Bombay, 1836, in-8°.

Tides Tables.... *Table des Marées pour les ports d'Angleterre et d'Irlande, et pour la Tamise, pour l'année* 1839; Londres, 1838, in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société Géologique de Londres;* n°s 57, 58 et 59, in-8°.

Delle solidificazione.... *De la solidification des Corps animaux; par* M. B. ZANON; Belluno, 1839, in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 3, n° 8.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; tome 16, 1re et 2e liv. in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; n° 6, janvier 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris, tome 7, n° 4.

Gazette des Hôpitaux, 2e série, tome 1er, n°s 10 et 11, in-4°.

La France industrielle; n° 82.

L'Éducateur; sept. et oct. 1838, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 FÉVRIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PALÉONTOLOGIE. — *Mémoire sur les traces qu'ont laissées à la surface de la terre, les Édentés terrestres; par* M. DE BLAINVILLE.

(Extrait.)

« Dans la première partie de ce Mémoire lue dans les séances des 14 et 21 janvier dernier, M. de Blainville a donné l'histoire zoologique de ce sous-ordre de mammifères; il a posé les principes de leur classification, leur distribution géographique actuelle, et il a déjà parlé des traces qu'a laissées, à la surface de la terre, le genre des Tatous, dans lequel doit indubitablement rentrer le prétendu Paresseux gigantesque ou Megatherium, ce qu'il croit avoir démontré aussi bien *à priori* qu'*à posteriori*.

» Dans cette seconde partie, il traite d'un autre animal de grande taille appelé *Megalonyx*, par Jefferson, et dont on a fait encore à tort une espèce de Paresseux.

» M. de Blainville fait d'abord l'historique de la découverte, dans une caverne de la Virginie, des ossements sur lesquels ce genre a été formé, et qui consistaient en un fragment d'humérus, un radius et un cubitus

complet, trois phalanges unguéales et cinq ou six os de la main ou du pied.

» Il montre ensuite comment après avoir été considérés par Jefferson, successeur immédiat de Washington dans la présidence des États-Unis, comme indiquant un carnassier gigantesque qui était au Mastodonte de l'Ohio ce que le Lion est à l'Éléphant dans l'ancien monde, et qui pouvait même être encore vivant dans quelque partie reculée de l'Amérique, ils furent mieux appréciés par Wistar et rapprochés du Paresseux, quoiqu'il en fît sentir parfaitement les différences, en rappelant un ongle énorme dont a parlé Daubenton et qui provenait sans doute d'un Tatou géant; et comment quelques années après, M. G. Cuvier, qui n'avait pas cru devoir distinguer, même spécifiquement, le Megalonyx du Megatherium, se trouva engagé, pour répondre aux objections de M. Faujas, à traiter le sujet *in extensum*, pour démontrer que si ces deux espèces étaient différentes, le Megalonyx était également un Paresseux.

» Prenant en effet chacune des pièces citées, décrites et parfaitement figurées par Wistar, outre quelques fragments nouveaux, et entre autres une dent qui avait été rapportée par M. Palissot de Beauvois, M. G. Cuvier conclut successivement que le doigt entier figuré par Wistar, était le doigt médian du côté gauche de la main d'un Paresseux; de trois autres pièces, un métacarpien, une première phalange et une unguéale, il fit un doigt indicateur d'un Paresseux, quoique de proportion beaucoup plus courte, comme il le fait justement observer lui-même; étudiant ensuite les facettes de ces deux doigts par où ils ne se touchent pas, il regarda un troisième os, quoique bien plus grêle et plus long que le métacarpien du doigt médian, comme indiquant un annulaire; et comme celui-ci offrait une facette articulaire au côté externe, il conclut à un cinquième doigt, ayant en effet considéré comme rudiment du premier, ou du pouce, indiqué par une facette de l'indicateur, un os très court multiforme que lui avait remis M. Palissot de Beauvois.

» Le radius et le cubitus lui parurent également rappeler, par un certain nombre de particularités peu importantes cependant, ces deux os dans le Paresseux, et comme il crut en outre pouvoir déclarer la dent apportée par M. Palissot de Beauvois, comme étant, suivant ses propres expressions, positivement et rigoureusement une dent de Paresseux, dont il détermina même la place dans la mâchoire, comme ressemblant à la canine inférieure de l'Aï plus particulièrement qu'à toutes les autres dents; il ne craignit pas de dire en terminant : « Ainsi non-seulement notre animal était un herbi-

» vore en général, mais il était herbivore à la manière particulière des Pa-
» resseux, puisqu'il avait les dents faites comme eux; aucun des hommes
» habitués aux lois de l'anatomie comparée ne doutera que ces deux genres
» n'aient dû avoir la même ressemblance dans les organes de la digestion,
» estomacs, intestins et par conséquent dans tout ce qui dérive de cette
» fonction. La ressemblance de leurs pieds prouve qu'ils avaient la même
» démarche, les mêmes mouvements, aux différences près que doivent en-
» traîner celle du volume qui est considérable. Ainsi le Megalonyx aura
» grimpé rarement sur les arbres, parce qu'il en aura rarement trouvé
» d'assez gros pour le porter. »

» Et pour répondre plus directement aux objections de M. Faujas :

« Le rapprochement du Megalonyx des Paresseux n'a donc rien d'ar-
» tificiel; il ne fait aucune violence à la nature; mais il est au contraire
» invinciblement indiqué par elle dans ce que nous avons retrouvé jus-
» qu'ici de ce singulier quadrupède.» (*Ann. du Mus.*, tom. V, p. 376.)

» Malgré cette conclusion, M. G. Cuvier ne voulut jamais admettre la réunion de ce Megalonyx avec le Megatherium sous le nom commun de *Bradypus giganteus*, ainsi que le proposèrent MM. Pander et d'Alton. Bien plus, vingt ans après son premier Mémoire, et dans la seconde édition de ses *Ossements fossiles*, en 1825, quoiqu'il n'eût pas d'autres matériaux à sa disposition, M. G. Cuvier changea et rectifia ce qu'il avait admis d'une manière si affirmative dans sa première édition; le doigt dont il avait fait l'indicateur ou le second, devint l'annulaire, ou le quatrième, *et vice versâ;* l'os qu'il regardait comme l'analogue du pouce devint celui d'une pièce qui soutient le petit doigt de la main du Tatou géant; les deux os de l'avant-bras furent rapprochés avec juste raison de ceux du grand Fourmilier; et la dent donnée d'abord comme une dent canine inférieure de Paresseux Aï devint bien plus semblable à une dent molaire de Tatou; et comme dès-lors, c'était avec ce genre d'animaux que la comparaison se trouva reportée, et que les Tatous ne grimpent pas aux arbres et sont essentiellement carnassiers, M. de Blainville montre comment les objections de M. Faujas, quoique mal formulées peut-être, ont cependant fini par triompher.

» En effet de nouveaux ossements de Megalonyx ayant été découverts dans des cavernes à l'ouest des Alleghanys, d'abord dans Big-bone-Cave, état de Tenessee, avec ceux d'animaux encore vivants dans le pays, comme bœufs, cerfs, ours, et même avec des os d'homme, puis à Big-bone-Lick, état de Kentucky; et M. le docteur Harlan qui en a fait le sujet d'un Mémoire

publié avec figures dans le *Journal de l'Académie des Sciences naturelles* de Philadelphie, vol. VI, p. 269, ayant envoyé au Muséum des plâtres moulés de toutes ces pièces au nombre desquelles se trouvent des vertèbres, deux humérus, des côtes, une omoplate, une portion de fémur, un tibia, un calcanéum, des phalanges encore en partie encroûtées de cartilages, des phalanges unguéales dont une était encore en partie armée de son ongle, et de plus un fragment de mâchoire inférieure portant encore cinq dents en série; il a été possible à M. de Blainville d'établir la comparaison avec les Édentés récents et fossiles connus jusqu'ici, en sorte qu'il a cru pouvoir, après une description détaillée de chaque os, donner les conclusions suivantes sur le Megalonyx.

» 1°. L'Amérique septentrionale, qui paraît ne posséder aujourd'hui aucun Édenté vivant, en a nourri anciennement une fort grande espèce;

» 2°. Cette espèce présentait un degré particulier d'organisation dévoilé aussi bien par le système digital que par le système dentaire, et qui n'avait aucun rapport avec les Paresseux;

» 3°. Ce type était intermédiaire aux Fourmiliers sans dents du nouveau continent et aux Fourmiliers dentés de l'ancien, aussi bien qu'au Megatherium et cependant plus rapproché du premier, quoique plus bas sur pattes;

» 4°. Ce degré d'organisation était contemporain des Mastodontes, et si même il est certainement éteint, ce qui n'est pas absolument hors de doute, il ne doit pas avoir disparu depuis bien long-temps, puisque d'une part les os sont entièrement pourvus de leur matière animale et en partie de leurs cartilages, que les ongles sont encore conservés, et qu'il se trouve absolument dans les mêmes circonstances géologiques que les ossements d'espèces qui vivent encore aujourd'hui à la surface du sol américain, d'après M. le docteur Harlan;

» 5°. On peut enfin conjecturer, autant que cela est permis d'après le petit nombre de pièces connues de son squelette, que cet animal avait le corps assez raccourci, qu'il était fort bas sur pattes, plus en arrière qu'en avant, et que ses pieds étant pourvus de doigts et d'ongles très robustes, il s'en servait, comme tous les animaux de ce sous-ordre, à déchirer les fourmilières et même à fouiller la terre soit pour y chercher sa nourriture, soit pour s'y cacher.

» Quant à savoir si le Megalonyx était ou non couvert d'une peau osseuse, comme le Megatherium et les Tatous, c'est ce que M. de Blainville serait assez porté à supposer; mais sans autres raisons que le peu de dé-

veloppement des organes de locomotion comme appareil de translation, les rapports du Megalonyx avec le Megatherium et sa position géographique.

» Après avoir ainsi terminé l'histoire du Megalonyx, M. de Blainville consacre un article à celle des *Pangolins fossiles*.

» L'existence d'une espèce de ce genre fossile dans notre Europe, admise en 1825 par M. G. Cuvier, ne reposait que sur la considération d'une phalange unguéale de grande taille trouvée dans les sables d'Eppelsheim, vallée du Rhin, et qui offrait en effet le caractère parfaitement indiqué et figuré par Daubenton, pour les phalanges unguéales du Phatagin, fut contredite par M. Kaup dans sa description du muséum de Darmstadt. Il pensait en effet que cette phalange avait appartenu au prétendu Tapir gigantesque de M. G. Cuvier, dont M. Kaup a fait depuis son *Dinotherium giganteum*, et cela, sans doute, parce qu'il avait considéré celui-ci comme un genre de la famille des Paresseux. En sorte qu'il n'a pas craint de donner à son Dinotherium restitué des doigts de Paresseux avec une trompe, figure qui est déjà en circulation chez plusieurs géologues recommandables et chez tous les compilateurs.

» Malheureusement pour cette hypothèse purement gratuite, il est vrai, le célèbre dépôt de Sansans si judicieusement exploité par M. Lartet, a offert plusieurs phalanges semblables à celles d'Eppelsheim, et cela avec différentes pièces, et entre autres avec une dent offrant la structure de celle des Édentés. Dès-lors, regardant comme fort probable que cette dent a appartenu au même animal que les phalanges unguéales bifides, on peut croire que si cet animal n'était pas, comme le pensait M. G. Cuvier, un Pangolin, puisqu'il avait des dents, dont celui-ci est complétement dépourvu, c'était encore moins le *Dinotherium*, que M. de Blainville pense n'être qu'un gravigrade plus ou moins aquatique, et que c'était plutôt un type particulier d'Édentés représentant en Europe l'Oryctérope de l'australe Afrique, et pour lequel M. de Blainville accepte volontiers le nom de *Macrotherium* proposé par M. Lartet.

» Quant à l'*Elasmotherium* de M. Fischer de Waldheim, au *Toxodon* de M. R. Owen et au *Dinotherium* de M. Kaup, que l'on pourrait encore être tenté de considérer comme ayant été des Édentés terrestres, M. de Blainville pense que le premier était plutôt un pachyderme intermédiaire au Rhinocéros et au Cheval, comme MM. Fischer et G. Cuvier l'ont dit; que le second, fossile de l'alluvium de Rio de la Plata, était probablement quelque pachyderme encore plus aquatique que l'Hippopotame, qu'il semble re-

présenter sur le versant oriental de la Sud-Amérique; et que le troisième était un gravigrade aquatique, intermédiaire aux Mastodontes et aux Lamantins; au reste, M. de Blainville se propose de revenir sur ces différentes opinions lorsqu'il traitera des fossiles de ces deux ordres de mammifères.

» Enfin M. de Blainville ayant eu l'occasion d'examiner depuis la publication de l'extrait de la première partie de son Mémoire, le calcanéum, seul os sur lequel repose le prétendu Tatou d'Auvergne, cité par des paléontologistes de cette contrée, s'est assuré qu'il ne peut provenir d'un animal de ce genre, mais bien et presque indubitablement d'un Castor de petite taille.

Conclusions générales.

» Comme résultats de tout ce Mémoire sur le sous-ordre des Édentés terrestres, dans l'état actuel de nos connaissances concernant les espèces récentes et fossiles, M. de Blainville croit pouvoir admettre les points suivants :

» 1°. Les anciens ne paraissent avoir connu qu'une seule espèce de ce groupe, toutes celles qui vivent encore de nos jours à la surface de la terre étant circonscrites et en assez petit nombre dans des pays qui leur étaient inconnus;

» 2°. C'est de la découverte de l'Afrique intertropicale occidentale, de l'Archipel indien, et surtout de l'Amérique méridionale que date la connaissance de la très grande partie des espèces récentes que nous avons aujourd'hui;

» 3°. Les zoologistes les ont généralement bientôt rapprochées d'une manière convenable; mais ce sont surtout Buffon et Daubenton qui l'ont fait de la manière la plus complète dès l'année 1763.

» 4°. C'est Linné qui ayant le premier établi ces genres sous les noms aujourd'hui adoptés, en a aussi le premier formé un ordre distinct sous le nom d'*Agriæ* d'abord, et ensuite de *Bruta;* mais c'est Blumenbach, qui en retranchant les genres hétérogènes, a donné à cette division le nom d'Édentés, qui, quoique assez mauvais, a été généralement adopté;

» 5°. C'est également Linné qui le premier a rangé cet ordre immédiatement avant les carnassiers, et dans la place que nous croyons la plus convenable.

» 6°. Ces animaux, en effet, par le nombre des doigts, la marche palmi et plantigrade, la présence de la clavicule, l'articulation de l'avant-bras, doivent être placés immédiatement après les insectivores et avant les carnassiers, les Édentés aquatiques intercalés.

» 7°. La disposition des espèces et par conséquent des genres doit être : des Oryctéropes et des Tatous, rapprochés des Hérissons, aux Fourmiliers, plus voisins des cétacés.

» 8°. Les différents genres de ce sous-ordre sont circonscrits d'une manière rigoureuse à la surface de la terre : les Édentés écailleux ou Pangolins, ainsi que les Fourmiliers dentés ou Oryctéropes à l'ancien continent; les Édentés cataphractés ou Tatous et les Fourmiliers sans dents au nouveau monde.

» 9°. Il n'existe dans les monuments anciens, de quelque nature qu'ils soient, aucun indice de l'un quelconque de ces animaux, si ce n'est pour le Phatagin dont parle Élien en un seul endroit de ses Histoires. Il y a donc eu interruption considérable dans la succession de nos connaissances à ce sujet, puisque l'on trouve à l'état fossile des restes d'animaux de cet ordre, depuis les terrains tertiaires moyens jusqu'au diluvium, à découvert ou dans les cavernes.

» 10°. Ces espèces fossiles sont toutes d'une taille supérieure à celle du même sous-ordre que nous connaissons aujourd'hui à l'état vivant, et le nombre des premières est par rapport à celui des secondes proportionnellement plus grand que dans aucune autre famille ;

» 11°. L'Europe, qui n'en possède plus aujourd'hui, en a possédé anciennement une très grande espèce dont les restes ont été trouvés, en deux endroits différents, dans un terrain tertiaire moyen, les sables d'Eppelsheim et le calcaire d'eau douce de Sansans. C'est une nuance générique intermédiaire aux deux genres que possède l'ancien continent;

» 12°. L'Amérique offre les trois autres, et dans un terrain de diluvium à découvert et dans les cavernes.

» Les espèces du terrain d'alluvion sont de la sud-Amérique et toutes du genre des Édentés cataphractés ou Tatous ; savoir : le Megatherium et plusieurs véritables Tatous.

» Celles des cavernes sont de la nord-Amérique et constituent un genre plus rapproché des véritables Fourmiliers que de tout autre, mais pourvus de dents molaires comme celui de l'ancien continent ;

» 13°. Ce Megalonyx doit être à peine considéré comme fossile, quoique inconnu à l'état vivant, puisque ses os contenant encore une grande quantité de gélatine, ayant les articulations encore en partie pourvues de leurs cartilages et les phalanges terminales de leurs ongles, se trouvent avec des ossements d'animaux encore vivants aujourd'hui dans les lieux où sont ces fossiles;

» 14°. Ces Édentés fossiles ont leurs plus grands rapports avec les animaux actuellement vivants dans le continent où on les trouve, et aucun d'eux n'en a d'un peu marqués avec les Paresseux, tous ayant l'organisation ostéologique et odontologique des véritables Édentés. Dès-lors ils étaient carnassiers comme eux et ne grimpaient certainement pas aux arbres ;

» 15°. D'où l'on voit comment, n'ayant que des moyens de défense tout-à-fait passifs, ne pouvant se soustraire à l'action des circonstances défavorables, ces Édentés gigantesques ont offert, pour ainsi dire, plus de prise à la destruction que les espèces du même ordre qui, plus petites, devant alors s'y soustraire plus aisément, et reproduisant sans doute davantage, ont pu retarder leur disparition de la surface de la terre, qui marche cependant d'une manière assez rapide. »

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction de la lumière ; par* M. **Augustin Cauchy.**

Suite de la seconde partie. (*Voir* le numéro précédent.)

« Comme nous l'avons déjà remarqué, les équations de condition relatives à la surface réfléchissante ou réfringente, doivent se réduire, pour des mouvements infiniment petits du fluide éthéré, à des équations linéaires, en sorte que chaque membre de ces équations soit une fonction linéaire des déplacements moléculaires calculés pour le premier ou pour le second milieu, et de leurs dérivées prises par rapport à une ou plusieurs des variables indépendantes. D'ailleurs, dans ces mêmes équations, le déplacement d'une molécule, calculé comme si cette molécule était intérieure au premier milieu, et mesuré parallèlement à l'un des axes coordonnés, sera la somme des déplacements mesurés parallèlement au même axe dans les rayons incident et réfléchi ; mais le déplacement d'une molécule, calculé comme si cette molécule était intérieure au second milieu, sera simplement celui que le calcul donne pour le rayon réfracté. Cela posé, il est clair 1° que, dans la théorie de la lumière, les équations symboliques de condition, relatives à la surface réfléchissante ou réfringente, seront linéaires par rapport aux déplacements symboliques des molécules et à leurs dérivées; 2° que ces déplacements symboliques se réduiront d'une part à la somme des déplacements symboliques des molécules déterminés successivement pour le rayon incident et le rayon réfléchi, d'autre part au déplacement symbolique des molécules dans le rayon réfracté.

» Observons maintenant que, si le rayon incident est un rayon simple, les déplacements symboliques des molécules, mesurés parallèlement aux trois axes coordonnés, dans le rayon incident ou réfléchi ou réfracté, seront les produits de trois constantes imaginaires par une seule exponentielle imaginaire dont l'exposant sera une fonction linéaire des variables indépendantes sans terme constant. Donc alors, pour obtenir la dérivée de l'un de ces déplacements symboliques différentié une ou plusieurs fois par rapport à une ou plusieurs des variables indépendantes, il suffira de le multiplier une ou plusieurs fois par le coefficient ou les coefficients de ces variables dans l'exposant dont il s'agit. Par suite, si le rayon incident est un rayon simple, chaque membre des équations symboliques de condition, relatives à la surface réfléchissante ou réfringente, pourra être réduit à une fonction linéaire des déplacements symboliques des molécules dans les rayons incident, réfléchi et réfracté, chaque terme de la fonction linéaire étant proportionnel à l'un des déplacements symboliques qui pourra s'y trouver multiplié une ou plusieurs fois par un ou plusieurs des coefficients des variables indépendantes dans l'exposant de l'exponentielle imaginaire que renferme ce même déplacement. D'ailleurs, comme on l'a vu, cette exponentielle conserve la même valeur en un point quelconque de la surface réfléchissante, quand on passe du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté; elle représente donc un facteur commun à tous les termes compris dans les équations de condition symboliques, et celles-ci pourront être réduites, par la suppression de ce facteur commun, à des équations linéaires entre les constantes imaginaires par lesquelles la même exponentielle se trouvait multipliée dans les déplacements symboliques des molécules. Ces nouvelles équations linéaires sont précisément celles qui devront servir à déterminer les valeurs des constantes imaginaires dont nous venons de parler pour le rayon réfléchi et pour le rayon réfracté, quand elles seront connues pour le rayon incident. Ces constantes imaginaires étant ainsi déterminées pour le rayon réfléchi ou réfracté, si on les multiplie par la valeur générale de l'exponentielle imaginaire qui répond à ce rayon, on obtiendra immédiatement pour le même rayon les déplacements symboliques et par suite les déplacements effectifs des molécules, mesurés parallèlement aux trois axes coordonnés.

» De ce qu'on vient de dire il semble résulter, au premier abord, qu'on aurait besoin de six équations symboliques de condition pour déterminer les six constantes imaginaires correspondantes d'une part aux deux rayons réfléchi et réfracté, d'autre part aux trois déplacements moléculaires me-

surés dans chacun de ces rayons parallèlement aux trois axes coordonnés. Mais on doit observer que, pour chaque rayon simple propagé dans un milieu isophane et transparent, il existe toujours entre ces trois déplacements une équation linéaire. Cette équation est celle qui exprime que les vibrations des molécules s'effectuent dans des plans perpendiculaires à la direction du rayon, et par conséquent celle que l'on forme en égalant à zéro la somme des trois déplacements respectivement multipliés par les coefficients des coordonnées dans l'argument du rayon simple. On pourra d'ailleurs, dans cette équation, remplacer les trois déplacements effectifs d'une molécule mesurés parallèlement aux axes coordonnés par ses déplacements symboliques, ou même par les trois constantes imaginaires qui entrent comme facteurs dans les déplacements symboliques avec l'exponentielle imaginaire qui caractérise le rayon simple. Ajoutons que l'équation symbolique ainsi obtenue pourra être étendue au cas même où le milieu isophane cesserait d'être transparent, si dans cette équation on substitue généralement aux coefficients réels des coordonnées, pris dans l'argument du rayon simple, les coefficients imaginaires des coordonnées pris dans l'exposant de l'exponentielle imaginaire qui caractérise ce rayon. Cela posé, comme des trois constantes imaginaires relatives au rayon réfléchi ou au rayon réfracté l'une pourra toujours être exprimée en fonction linéaire des deux autres, on n'aura plus à déterminer pour ces deux rayons que quatre constantes imaginaires, et pour y parvenir il suffira des quatre équations symboliques de condition relatives à la surface réfléchissante.

» Si les milieux donnés cessaient d'être isophanes, on obtiendrait, au lieu d'un rayon réfléchi et d'un rayon réfracté, deux rayons réfléchis et deux rayons réfractés, correspondants à douze constantes imaginaires. Mais alors aussi les trois constantes imaginaires relatives à chaque rayon seraient proportionnelles l'une à l'autre, et leurs rapports se déduiraient immédiatement de la direction même du rayon supposée connue, ou plutôt de la direction des plans des ondes, comme il arrive pour les milieux transparents, mais non isophanes, et par conséquent doués de la double réfraction, puisqu'en effet, dans ces milieux, le mode de polarisation d'un rayon dépend uniquement de la direction des plans des ondes. Donc encore, dans le cas dont il s'agit, sur les douze constantes imaginaires correspondantes aux quatre rayons réfléchis et réfractés, il en restera seulement quatre à déterminer à l'aide des équations de condition symboliques relatives à la surface réfléchissante. Donc, dans tous les cas,

le nombre de ces dernières équations, de celles du moins qui seront nécessaires à la détermination des constantes imaginaires, sera de quatre seulement.

» Revenons au cas spécial où les milieux donnés sont isophanes, le rayon incident étant d'ailleurs un rayon simple. Si l'on considère ce rayon simple comme résultant de la superposition de deux autres rayons polarisés en ligne droite, l'un perpendiculairement au plan d'incidence, l'autre suivant ce même plan, les deux rayons composants se trouveront, ainsi qu'on l'a dit plus haut, réfléchi et réfracté indépendamment l'un de l'autre. Concevons d'ailleurs que l'on prenne pour un des axes coordonnés la normale à la surface réfléchissante, et pour un des plans coordonnés le plan d'incidence; des quatre équations de condition deux se rapporteront à la réflexion et à la réfraction du rayon polarisé perpendiculairement au plan d'incidence, les deux autres à la réflexion et à la réfraction du rayon polarisé suivant ce même plan. Ces deux dernières renfermeront trois constantes imaginaires relatives à trois rayons incident, réfléchi, réfracté, tous trois polarisés suivant le plan d'incidence, et détermineront les rapports de ces trois constantes. Au contraire, les deux premières équations symboliques de condition contiendront six constantes imaginaires correspondantes aux rayons incident, réfléchi, réfracté, qui seront polarisés perpendiculairement au plan d'incidence, ou, en d'autres termes, renfermés dans ce plan. Mais alors les deux constantes imaginaires, correspondantes à chaque rayon, seront liées entre elles par une équation linéaire, qu'on obtiendra en égalant à zéro la somme de ces deux constantes respectivement multipliées par les coefficients des coordonnées mesurées suivant le plan d'incidence dans l'exposant de l'exponentielle imaginaire, à laquelle les déplacements symboliques des molécules sont proportionnels. Donc, entre les six constantes imaginaires dont il s'agit, on aura en tout cinq équations, qui suffiront encore pour déterminer les rapports de ces constantes. Dans l'un et l'autre calcul, le rapport suivant lequel varie la constante imaginaire correspondante à l'un des axes coordonnés, quand on passe du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, est aussi le rapport suivant lequel varie, dans ce passage, le déplacement symbolique relatif à cet axe, en un point quelconque de la surface réfléchissante.

» Il est bon d'observer que, dans chacun des rayons polarisés suivant le plan d'incidence, les déplacements des molécules, mesurés perpendiculairement au même plan, représentent, au signe près, les déplacements

absolus de ces molécules, et peuvent être censés se confondre avec leurs déviations. Donc par suite, dans ces rayons, les déviations symboliques ne différeront pas des déplacements symboliques. Quant aux rayons polarisés perpendiculairement au plan d'incidence, et par conséquent renfermés dans ce plan, chacun d'eux se composera de molécules dont les déplacements absolus ne seront généralement dirigés suivant aucun des axes coordonnés compris dans le plan d'incidence. Mais, si le milieu dans lequel un semblable rayon se propage est transparent, le déplacement absolu d'une molécule et par suite sa déviation se réduiront, au signe près, au quotient qu'on obtient quand on divise le déplacement mesuré suivant une normale à la surface réfléchissante par le sinus de l'angle aigu compris entre la normale et le rayon. Il y a plus; la déviation sera précisément égale au quotient dont il s'agit, si le déplacement mesuré sur une normale à la surface réfléchissante et la déviation elle-même se comptent positivement pour toute molécule, qui, en s'éloignant de sa position initiale, se rapproche du second milieu, ou pénètre plus avant dans son intérieur. Cette convention étant admise, la déviation symbolique, pour un rayon incident, ou réfléchi, ou réfracté, polarisé perpendiculairement au plan d'incidence, mais propagé dans un milieu transparent, sera le quotient qu'on obtient quand on divise par le sinus d'incidence, ou par le sinus de réflexion, ou par le sinus de réfraction le déplacement symbolique dont la partie réelle est le déplacement mesuré suivant une normale à la surface réfléchissante. Donc, lorsqu'en un point quelconque de cette surface on passera d'un rayon incident et renfermé dans le plan d'incidence, au rayon réfléchi ou réfracté, en supposant que ce dernier est propagé dans un milieu transparent, alors, non-seulement le déplacement symbolique dont il s'agit variera en chaque point de la surface réfléchissante, dans un rapport déterminé par les équations de condition ci-dessus mentionnées, mais de plus la déviation symbolique variera dans un second rapport qui sera le produit du premier par l'indice de réflexion ou de réfraction.

» En résumé, les équations symboliques de condition, relatives à la surface réfléchissante, fourniront le moyen de déterminer le rapport suivant lequel la réflexion ou la réfraction fera varier la déviation symbolique des molécules dans un rayon polarisé perpendiculairement au plan d'incidence ou suivant ce même plan, c'est-à-dire, en d'autres termes, le coefficient imaginaire par lequel on devra, en chaque point de la surface réfléchissante, multiplier la déviation symbolique d'une molécule considérée comme comprise dans le rayon incident, pour obtenir la déviation symbolique

de la même molécule considérée comme comprise dans le rayon réfléchi ou réfracté, en supposant d'ailleurs que ce dernier rayon se propage dans un milieu transparent. Le coefficient imaginaire dont il s'agit ici est ce que nous appellerons désormais le *coefficient de réflexion* ou le *coefficient de réfraction*, et, d'après ce qui a été dit ci-dessus, il dépendra uniquement des coefficients des variables indépendantes dans les exposants des exponentielles imaginaires auxquelles les déplacements symboliques des molécules sont proportionnels. Il n'y a point d'exception à faire à cet égard pour les rayons renfermés dans le plan d'incidence, attendu que l'indice de réflexion ou de réfraction est précisément le rapport suivant lequel varie le coefficient de l'une des coordonnées quand on passe du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, en supposant que celui-ci se propage comme le premier dans un milieu transparent. Ajoutons qu'en vertu de l'hypothèse admise sur la disposition des axes et des plans coordonnés, les coefficients des cordonnées dans les exponentielles imaginaires pourront être facilement exprimés en fonctions de l'angle d'incidence et des caractéristiques des rayons incident et réfracté. En effet, l'un des axes étant perpendiculaire au plan d'incidence, la coordonnée mesurée suivant cet axe disparaîtra des exponentielles imaginaires où son exposant sera réduit à zéro, et par suite les coefficients des deux autres coordonnées, dans l'exponentielle imaginaire correspondante au rayon incident, ou réfléchi, ou réfracté, fourniront des carrés dont la somme, prise en signe contraire, offrira pour racine carrée la caractéristique de ce même rayon. Il sera donc facile de calculer un de ces deux coefficients quand on connaîtra l'autre et la caractéristique. D'ailleurs le coefficient de la coordonnée mesurée sur la droite d'intersection du plan d'incidence et de la surface réfléchissante restera le même pour les trois rayons, et sera équivalent au produit qu'on obtient quand on multiplie le sinus d'incidence par la caractéristique du rayon incident et par $\sqrt{-1}$. Enfin, le premier milieu étant par hypothèse isophane et transparent, les rayons incident et réfléchi offriront la même caractéristique. Quant au coefficient du temps, il conservera la même valeur dans les exposants des trois exponentielles imaginaires, relatives aux trois rayons incident, réfléchi, réfracté, et il sera équivalent, au signe près, au produit de $\sqrt{-1}$ par le rapport du nombre 2π à la durée d'une vibration moléculaire.

» Observons encore qu'en vertu de l'égalité supposée des caractéristiques des rayons incident et réfléchi, les coefficients de la coordonnée perpendiculaire à la surface réfléchissante, dans les exponentielles imagi-

naires relatives à ces deux rayons, seront, au signe près, égaux entre eux, le premier étant le produit de la caractéristique du rayon incident par le cosinus de l'angle d'incidence et par $\sqrt{-1}$. Donc, en définitive, les coefficients des coordonnées, dans les exposants des exponentielles imaginaires correspondantes aux rayons incident, réfléchi et réfracté, pourront être réduits à trois, savoir : au coefficient unique de la coordonnée mesurée sur la droite d'intersection du plan d'incidence et de la surface réfléchissante, au coefficient de la coordonnée perpendiculaire à cette surface dans le rayon incident, et au coefficient de la même coordonnée dans le rayon réfracté. Ce dernier coefficient, qui dépendra des caractéristiques des rayons incident et réfracté, offrira généralement une partie réelle si la caractéristique du rayon réfracté devient imaginaire, ou si, cette caractéristique étant réelle, mais inférieure à celle du rayon incident, le sinus d'incidence surpasse le rapport de l'une à l'autre. Alors le second milieu sera opaque, ou du moins il jouera le rôle d'un corps opaque; et le mouvement réfracté, en pénétrant dans l'intérieur du second milieu, s'affaiblira par degrés, de manière à devenir insensible à une distance plus ou moins considérable de la surface réfringente.

» Les caractéristiques des rayons incident et réfléchi dépendent de la nature des milieux isophanes dans lesquels on suppose que ces deux rayons se propagent. Cette nature étant donnée, avec la durée des vibrations moléculaires, ou, ce qui revient au même, avec la couleur des rayons; les coefficients de réflexion et de réfraction, pour un rayon polarisé ou perpendiculairement au plan d'incidence, ou suivant ce même plan, varieront avec l'angle d'incidence. Mais ils resteront indépendants de l'amplitude des vibrations moléculaires dans le rayon incident, et de la position de ses nœuds. Voyons, d'après ce principe, comment cette amplitude et cette position varient quand on passe du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté.

» De même qu'on appelle *logarithmes népériens* les logarithmes pris dans le système dont la base est le nombre $e = 2,7182818\ldots\ldots$, de même il est naturel d'appeler *exponentielles népériennes* celles qui ont pour base ce même nombre. Or, parmi ces exponentielles, on doit surtout distinguer celles dans lesquelles la partie réelle de l'exposant s'évanouit. En effet, dans une semblable exponentielle considérée comme expression imaginaire, le module se réduit à l'unité, tandis que la partie réelle et le coefficient de $\sqrt{-1}$ se réduisent à deux lignes trigonométriques, savoir: au cosinus et au sinus de l'argument. Pour cette raison, nous désignerons les exponentielles népériennes dans lesquelles la partie réelle de l'exposant

s'évanouira, sous le nom d'*exponentielles trigonométriques.* Cela posé, étant donnés le *module* et l'*argument* d'un mouvement simple ou d'un rayon simple, l'exponentielle imaginaire qui caractérisera ce mouvement ou ce rayon, et qui offrira pour exposant une fonction linéaire mais imaginaire des variables indépendantes sans terme constant, se réduira toujours au produit du module par l'exponentielle trigonométrique dont l'argument sera celui du mouvement simple ou du rayon simple. La dernière exponentielle exprimera donc la valeur de la première si le module se réduit à l'unité, ce qui arrivera, par exemple, lorsqu'un rayon simple se propagera dans un milieu transparent. Alors aussi la constante imaginaire par laquelle on devra multiplier l'exponentielle dont il s'agit, pour obtenir le déplacement d'une molécule mesuré parallèlement à un axe fixe, ne sera autre chose que le produit de la demi-amplitude des vibrations parallèles à cet axe par l'exponentielle trigonométrique qui offrira pour argument le paramètre angulaire. Enfin, si, en considérant un rayon simple, réfléchi ou réfracté par la surface de séparation de deux milieux isophanes, et en supposant ce rayon polarisé ou perpendiculairement au plan d'incidence ou suivant ce plan, on nomme *modules* et *arguments de réflexion* et *de réfraction* les modules et les arguments du coefficient de réflexion et du coefficient de réfraction, chacun de ces derniers coefficients ne sera autre chose que le produit du module de réflexion ou de réfraction par l'exponentielle trigonométrique correspondante à l'argument de réflexion ou de réfraction. Or, pour multiplier une expression imaginaire par une autre, il suffit de multiplier le module de la première par le module de la seconde, et d'ajouter à l'argument de la première l'argument de la seconde. Donc, puisque, dans le passage du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, la déviation symbolique d'une molécule, et par suite la constante imaginaire qui entrera comme facteur dans cette déviation, varieront dans un rapport égal au coefficient de réflexion ou de réfraction; il est clair que, dans ce passage, la demi-amplitude des vibrations moléculaires variera dans un rapport représenté par le module de réflexion ou de réfraction, tandis que le paramètre angulaire se trouvera augmenté de l'argument de réflexion ou de réfraction. D'ailleurs, dans un rayon simple polarisé en ligne droite et propagé dans un milieu transparent, l'angle, dont le paramètre angulaire représente le complément, a pour mesure le produit de la caractéristique par la distance qui au premier instant sépare du second plan invariable un des nœuds de ce rayon; et si, à un instant donné, le paramètre angulaire se trouve tout à coup augmenté ou diminué

d'une quantité donnée, chaque nœud se trouvera immédiatement déplacé et transporté, en arrière ou en avant de la position qu'il occupait, à une distance représentée par le rapport entre l'augmentation ou la diminution du paramètre angulaire et la caractéristique. Donc, lorsqu'on fait tomber sur la surface de séparation de deux milieux isophanes un rayon polarisé ou perpendiculairement au plan d'incidence ou suivant ce plan, et que le rayon réfléchi ou réfracté se propage sans s'affaiblir, la réflexion ou la réfraction du rayon incident produit en général les deux effets que nous allons énoncer : 1°. *tandis que le rayon incident se transforme en rayon réfléchi ou en rayon réfracté,* les demi-amplitudes, et par suite *les amplitudes des vibrations moléculaires varient dans un rapport égal au module de réflexion ou de réfraction ;* 2°. *chaque nœud, à l'instant même où, en vertu de son mouvement de propagation, il atteint la surface réfléchissante, se trouve déplacé et transporté, sur le rayon réfléchi ou réfracté, en arrière ou en avant de la position qu'il occupait, à une distance représentée au signe près par le rapport entre l'argument de réflexion et la caractéristique du rayon réfléchi, ou entre l'argument de réfraction et la caractéristique du rayon réfracté ; savoir : en arrière, si l'argument dont il s'agit est positif, et en avant si cet argument devient négatif.* D'ailleurs, ces deux effets, pour une couleur donnée, et pour des milieux isophanes donnés, dépendront uniquement de l'angle d'incidence, et resteront, ainsi que les coefficients, les arguments et les modules de réflexion ou de réfraction, indépendants de l'amplitude des vibrations moléculaires dans le rayon incident et de la position des nœuds dans ce même rayon.

» Il importe d'observer que l'argument de toute expression imaginaire peut être réduit à une quantité négative dont la valeur numérique ne surpasse pas la circonférence, par conséquent à un angle renfermé entre les limites -2π et zéro. Or, si l'on suppose, comme on peut toujours le faire, l'argument de réflexion ou de réfraction compris entre ces limites, le rapport de cet argument à la caractéristique du rayon réfléchi ou réfracté ne sera autre chose que la distance comprise entre un nœud qui, dans le rayon incident, atteint à un instant donné la surface réfléchissante, et le nœud de même espèce qui, au même instant, se trouve situé en avant du premier, le plus près possible de la surface sur la direction du rayon réfléchi ou réfracté.

» Si le rayon incident était polarisé elliptiquement, ou circulairement, ou rectilignement mais suivant un plan quelconque, on pourrait le regarder comme résultant de la superposition de deux rayons polarisés l'un

perpendiculairement au plan d'incidence, l'autre suivant ce même plan; et alors *la réflexion ou la réfraction aurait pour effet :* 1° *de faire varier le rapport entre les amplitudes des vibrations moléculaires dans les deux rayons composants, proportionnellement au rapport entre les modules de réflexion ou de réfraction correspondants à ces deux rayons;* 2° *d'éloigner ou de rapprocher les nœuds de première espèce de l'un, des nœuds de première espèce de l'autre, le déplacement relatif des nœuds de même espèce dans les deux rayons étant, au signe près, le rapport entre la différence de leurs arguments et la caractéristique des rayons réfléchis ou réfractés.* Si, avant ou après la réflexion ou la réfraction, les nœuds de première espèce de l'un des rayons composants coïncident avec les nœuds de première ou de seconde espèce de l'autre, le rayon résultant sera polarisé en ligne droite, *et l'inclinaison du plan de polarisation sur le plan d'incidence,* c'est-à-dire, l'angle aigu compris entre les deux plans, *aura pour tangente trigonométrique le rapport entre les amplitudes des vibrations moléculaires dans les deux rayons polarisés l'un perpendiculairement au plan d'incidence, l'autre suivant ce plan.* D'ailleurs *le plan de polarisation du rayon résultant sera situé d'un côté ou de l'autre du plan d'incidence, suivant que la superposition des rayons composants fera coïncider, avec les nœuds de première espèce de l'un, les nœuds de première ou de seconde espèce de l'autre.* Si l'un des rayons composants offre des nœuds séparés de ceux de l'autre, le rayon résultant sera polarisé circulairement ou elliptiquement; *il sera polarisé circulairement, si les vibrations moléculaires présentent les mêmes amplitudes dans les deux rayons composants, et si d'ailleurs les nœuds de l'un se trouvent séparés de ceux de l'autre par des distances égales au quart de la longueur d'un ondulation.* Mais, si la séparation des nœuds existe, sans que les deux conditions ici énoncées se trouvent remplies, le rayon résultant sera doué de la *polarisation elliptique.* Au reste, dans ce dernier cas, *il pourra toujours être considéré comme résultant de la superposition de deux rayons simples, polarisés en ligne droite suivant deux plans rectangulaires entre eux et tellement choisis que les nœuds des deux nouveaux rayons se trouvent encore séparés par des distances égales au quart de la longueur d'une ondulation.* Seulement, ces nouveaux rayons, dont aucun pour l'ordinaire ne sera polarisé suivant le plan d'incidence, offriront des vibrations moléculaires dont les amplitudes seront inégales. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle méthode pour la détermination des intégrales multiples; par* M. LEJEUNE-DIRICHLET.

« On sait que l'évaluation ou même la réduction des intégrales multiples présente généralement de très grandes difficultés, lorsque les inégalités de condition qui définissent l'étendue des intégrations, renferment à la fois plusieurs des variables. En m'occupant de quelques questions de physique mathématique qui dépendent, en dernière analyse, de l'évaluation d'une classe d'intégrales multiples d'un ordre indéfini, j'ai été conduit à une méthode qui paraît diminuer, dans beaucoup de cas, les difficultés dont je viens de parler. Cette méthode consiste simplement à multiplier l'expression qu'il s'agit d'intégrer par un facteur dont la valeur est égale à l'unité dans l'étendue que les intégrations doivent embrasser, et qui s'évanouit en dehors de cette étendue. L'expression différentielle ainsi modifiée, pouvant être intégrée entre des limites constantes et très simples, telles que o et ∞, ou $-\infty$ et ∞, la question sera le plus souvent beaucoup plus facile à traiter. C'est ce procédé que je vais appliquer à quelques problèmes particuliers. Pour premier exemple, je choisirai la question si célèbre de l'attraction des ellipsoïdes homogènes. La méthode appliquée à ce problème présente cela de remarquable, que la solution pour les deux cas d'un point extérieur et d'un point intérieur, qu'on avait toujours ramenés du premier au second, ou traités par des moyens tout-à-fait différents, résulte d'une analyse uniforme, qui s'étend généralement à toute loi d'attraction proportionnelle à une puissance quelconque entière ou fractionnaire de la distance. La même analyse ramène ce problème aux quadratures, lorsque la densité, au lieu d'être constante, est une fonction quelconque rationnelle et entière des trois coordonnées rectangulaires; mais, pour plus de simplicité, je supposerai la densité constante et égale à l'unité.

» Soient x, y, z les coordonnées d'un point quelconque de la masse attirante, a, b, c celles du point attiré. Posons $\rho^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2$, et soit $\frac{1}{\rho^p}$ la loi de l'attraction, la constante p étant supposée comprise entre 2 et 3, cas auquel il est facile de ramener tous les autres. Cela posé, la question se réduit à déterminer l'intégrale triple suivante, dont le coefficient différentiel pris par rapport à a, donne la composante de l'attraction parallèle à l'axe des x, que je désignerai par A :

$$-\frac{1}{p-1}\iiint\frac{dxdydz}{\rho^{p-1}} \quad (1), \qquad \left(\frac{x}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{y}{\beta}\right)^2 + \left(\frac{z}{\gamma}\right)^2 < 1.$$

Or, comme l'intégrale $\frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{\sin\varphi}{\varphi}\cos g\varphi\, d\varphi$ est égale à l'unité ou à zéro, suivant que la constante positive g est inférieure ou supérieure à l'unité, on conclut que l'intégrale (1) est la partie réelle de celle-ci :

$$-\frac{2}{\pi(p-1)}\int_0^\infty d\varphi.\frac{\sin\varphi}{\varphi}\iiint e^{\left[\left(\frac{x}{\alpha}\right)^2+\left(\frac{y}{\beta}\right)^2+\left(\frac{z}{\gamma}\right)^2\right]\varphi\sqrt{-1}}\frac{dxdydz}{\rho^{p-1}};$$

les intégrations par rapport aux variables x, y, z pouvant maintenant s'étendre depuis $-\infty$ jusqu'à ∞. Pour obtenir l'intégrale triple relative à ces variables, on exprimera la fraction $\frac{1}{\rho^{p-1}} = \frac{1}{(\rho^2)^{\frac{p-1}{2}}}$, par une intégrale définie, au moyen de la formule connue d'Euler, que M. Poisson a démontrée, et qui suppose les constantes q et r positives, et de plus $r < 1$:

$$\int_0^\infty e^{q\Psi\sqrt{-1}}\,\Psi^{r-1}\,d\Psi = \frac{\Gamma(q)\,e^{\frac{r\pi}{2}\sqrt{-1}}}{q^r} \qquad (2).$$

Il viendra ainsi, en remplaçant ρ^2 par sa valeur,

$$-\frac{2}{\pi}.\frac{e^{-(p-1)\frac{\pi}{4}\sqrt{-1}}}{(p-1)\Gamma\left(\frac{p-1}{2}\right)}\int_0^\infty d\varphi.\frac{\sin\varphi}{\varphi}\int_0^\infty d\Psi.\Psi^{\frac{p-1}{2}-1}e^{(a^2+b^2+c^2)\Psi}\,\mathrm{U},$$

U désignant, pour abréger, le produit de trois intégrales simples, dont celle relative à x est, en vertu d'une formule connue qui dérive de l'équation (2),

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{\left[\left(\Psi+\frac{\varphi}{\alpha^2}\right)x^2-2a\Psi x\right]\sqrt{-1}}\,dx = \sqrt{\frac{\pi}{\Psi+\frac{\varphi}{\alpha^2}}}.e^{-\frac{a^2\Psi^2}{\Psi+\frac{\varphi}{\alpha^2}}\sqrt{-1}}.\frac{1+\sqrt{-1}}{\sqrt{2}}.$$

En substituant cette valeur et celles des deux autres intégrales de forme analogue, remplaçant ensuite la variable Ψ par une autre s telle que $\Psi = \frac{\varphi}{s}$, différentiant par rapport à a, et observant qu'on a

$$\left(\frac{1+\sqrt{-1}}{\sqrt{2}}\right)^3 = \sqrt{-1}\;e^{\frac{\pi}{4}\sqrt{-1}},$$

on trouvera

$$\frac{4a}{\alpha^2}\frac{\sqrt{\pi}}{\Gamma\left(\frac{p-1}{2}\right)}\frac{e^{-(p-2)\frac{\pi}{4}\sqrt{-1}}}{p-1}\int_0^\infty \frac{ds\, s^{1-\frac{p}{2}}}{\sqrt{\left(1+\frac{s}{\alpha^2}\right)^3\left(1+\frac{s}{\beta^2}\right)\left(1+\frac{s}{\gamma^2}\right)}}\int_0^\infty e^{\varphi\left(\frac{a^2}{\alpha^2+s}+\frac{b^2}{\beta^2+s}+\frac{c^2}{\gamma^2+s}\right)\sqrt{-1}}\frac{\sin\varphi}{\varphi^{2-\frac{p}{2}}}d\varphi.$$

Cette expression devant être réduite à sa partie réelle, tout revient à avoir celle de $e^{-(p-2)\frac{\pi}{4}\sqrt{-1}}\int_0^\infty e^{\sigma\varphi\sqrt{-1}}\frac{\sin\varphi}{\varphi^{2-\frac{p}{2}}}d\varphi$, en posant, pour abréger,

$$\sigma = \frac{a^2}{\alpha^2+s}+\frac{b^2}{\beta^2+s}+\frac{c^2}{\gamma^2+s}.$$

Or, cette intégrale, en y remplaçant $\sin\varphi$ par des exponentielles imaginaires, sera immédiatement donnée par l'équation (2), en ayant soin d'observer que le second membre de cette équation doit être remplacé par $\frac{\Gamma(r)\,e^{-\frac{r\pi}{2}\sqrt{-1}}}{(-q)^r}$, lorsque q a une valeur négative. On trouve ainsi que la partie réelle qu'il s'agit d'obtenir est zéro, ou

$$-\frac{\Gamma\left(\frac{p}{2}-1\right)\sin\frac{p\pi}{2}}{2(1-\sigma)^{\frac{p}{2}-1}} = \frac{\pi}{2\Gamma\left(2-\frac{p}{2}\right)}\frac{1}{(1-\sigma)^{\frac{p}{2}-1}},$$

suivant que $\sigma > 1$ ou $\sigma < 1$.

I. Si le point est intérieur, on aura $\frac{a^2}{\alpha^2}+\frac{b^2}{\beta^2}+\frac{c^2}{\gamma^2} < 1$, et par conséquent aussi $\sigma < 1$, la variable s étant positive. Il viendra donc simplement

$$A = \frac{2a\pi^{\frac{3}{2}}}{\alpha^2(p-1)}\frac{1}{\Gamma\left(\frac{p-1}{2}\right)\Gamma\left(2-\frac{p}{2}\right)}\int_0^\infty \frac{ds\, s^{1-\frac{p}{2}}}{\sqrt{\left(1+\frac{s}{\alpha^2}\right)^3\left(1+\frac{s}{\beta^2}\right)\left(1+\frac{s}{\gamma^2}\right)}}\left(1-\frac{a^2}{\alpha^2+s}-\frac{b^2}{\beta^2+s}-\frac{c^2}{\gamma^2+s}\right)^{1-\frac{p}{2}}.$$

II. Si le point est extérieur, on déterminera la racine positive unique λ de l'équation $\sigma = 1$, et l'on aura évidemment $\sigma > 1$ ou $\sigma < 1$, suivant que $s < \lambda$ ou $s > \lambda$. L'expression de A sera donc, dans ce cas,

$$A = \frac{2a\pi^{\frac{3}{2}}}{\alpha^2(p-1)} \frac{1}{\Gamma\left(\frac{p-1}{2}\right)\Gamma\left(2-\frac{p}{2}\right)} \int_{\lambda}^{\infty} \frac{ds\, s^{1-\frac{p}{2}}}{\sqrt{\left(1+\frac{s}{\alpha^2}\right)^3\left(1+\frac{s}{\beta^2}\right)\left(1+\frac{s}{\gamma^2}\right)}} \left(1-\frac{a^2}{\alpha^2+s}-\frac{b^2}{\beta^2+s}-\frac{c^2}{\gamma^2+s}\right)^{1-\frac{p}{2}}.$$

Si dans cette dernière expression on écrit $\lambda + s$ au lieu de s, et qu'on fasse $\alpha^2 + \lambda = \alpha'^2$, $a' = \frac{a\alpha}{\alpha'}$, $\beta^2 + \lambda = \beta'^2$, $b' = \frac{b\beta}{\beta'}$, $\gamma^2 + \lambda = \gamma'^2$, $c' = \frac{c\gamma}{\gamma'}$, elle prendra la même forme que celle qui se rapporte au point intérieur, comme cela doit être en vertu du théorème des points correspondants, dû à M. Ivory, et qui, comme M. Poisson en a déjà fait la remarque, s'étend à toutes les lois d'attraction en fonction de la distance. Il est sans doute inutile d'ajouter que l'analyse que nous venons de développer, s'applique à toute intégrale dont la forme est semblable à celle de l'intégrale (1), et quel que soit le nombre des variables qu'elle puisse renfermer.

» Comme second exemple, j'indiquerai l'intégrale

$$V = \int x^{a-1} y^{b-1} z^{c-1} \ldots dx dy dz \ldots,$$

qui doit être étendue à toutes les valeurs positives de $x, y, z, \ldots$ telles qu'on ait

$$\left(\frac{x}{\alpha}\right)^p + \left(\frac{y}{\beta}\right)^q + \left(\frac{z}{\gamma}\right)^r + \ldots < 1,$$

les constantes $a, b, c, \ldots$ $p, q, r, \ldots$ $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ étant également positives. Par une analyse toute semblable, on parvient à cette expression très simple, qu'on peut aussi obtenir par d'autres moyens, et qui renferme un grand nombre de résultats relatifs aux volumes, aux centres de gravité, moments d'inertie, etc.,

$$V = \frac{\alpha^a \beta^b \gamma^c \ldots}{pqr} \frac{\Gamma\left(\frac{a}{p}\right)\Gamma\left(\frac{b}{q}\right)\Gamma\left(\frac{c}{r}\right)\ldots}{\Gamma\left(1+\frac{a}{p}+\frac{b}{q}+\frac{c}{r}+\ldots\right)}.$$

» En terminant, je ferai observer que l'intégrale transformée que l'on obtient au moyen du procédé indiqué, peut, dans beaucoup de cas, devenir indéterminée, à cause des limites infinies. Pour éviter les difficultés et même les inexactitudes que cette circonstance pourrait faire naître, on aura recours à l'artifice ingénieux dont MM. Poisson et Cauchy ont fait usage dans différentes recherches, et qui consiste à remplacer

l'intégrale proposée par une autre, dont la première puisse être considérée comme la limite, et qui reste complétement déterminée, lorsqu'on lui applique la méthode dont nous venons de donner quelques exemples. »

RAPPORTS.

Instructions relatives aux animaux sans vertèbres, par M. V. Audouin, *faisant partie du rapport de la Commission chargée de rédiger des Instructions pour un voyage de M. Lefebvre en Abyssinie et dans les contrées qui avoisinent la mer Rouge.*

(Commissaires, MM. de Mirbel, Arago, Savary, Beautemps-Beaupré, Sylvestre, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire et Audouin.)

« Nous sommes arrivés à une époque où l'intérêt qui s'attache à une exploration lointaine se mesure bien moins sur les circonstances difficiles et aventureuses qui l'ont accompagnée, que sur les résultats scientifiques qu'elle a fournis, et rien ne le prouve mieux que l'empressement des voyageurs pour obtenir des corps savants, et en particulier de l'Institut, des renseignements qui les mettent à même de les exécuter avec plus de fruit.

» C'est ce désir d'être utile à la science qui a porté M. Lefebvre à demander à l'Académie des Instructions pour le voyage qu'il va entreprendre, par ordre du Gouvernement, sur un des points les plus intéressants du continent africain.

» Mais, de même qu'il serait impossible à M. Lefebvre de préciser à l'avance son itinéraire, de même il nous serait difficile, lorsqu'il s'agit d'une contrée aussi peu connue que l'Abyssinie, de lui tracer le plan général qu'il devra suivre. Nous nous bornerons donc à quelques indications qui pourront le guider dans ses recherches.

» Les animaux sans vertèbres sur lesquels nous avons été spécialement chargé de rédiger des instructions, offrent au voyageur cet avantage qu'il lui est facile de s'en procurer dans des circonstances très diverses. Les profondeurs de la mer, son littoral; les rivières, les lacs, les marais, les ruisseaux lui en fournissent en abondance; il peut être sûr d'en trouver sur toutes les plantes, sous les écorces des arbres, sous les pierres, jusque dans les déserts les plus arides, et il ne doit pas manquer de les recueillir, car souvent les espèces les plus communes dans une localité ne se rencontreront plus ailleurs, et quand même on croirait

qu'elles ne diffèrent pas de celles d'Europe, ce dont il est difficile de s'assurer sans un examen comparatif et sévère, il serait très curieux de les réunir, ne fût-ce que pour jeter quelque jour sur la géographie zoologique, si peu avancée en ce qui concerne les animaux inférieurs.

» A cette recommandation générale nous ajouterons celle de porter son attention sur les espèces qui, par l'usage qu'on pourrait tirer d'elles ou de leurs produits, intéresseraient l'industrie, et lorsqu'on réfléchit aux profonds changements que l'introduction d'un seul insecte, le ver à soie, est venue apporter au sein de notre civilisation, on conçoit que le voyageur qui se pénètre de l'importance de sa mission, doit avoir l'œil toujours ouvert et observer avec attention et discernement tout ce qu'il rencontre.

» M. Lefebvre et les deux collaborateurs qu'il s'est adjoints, MM. les docteurs Petit et Dillon, navigueront sur la mer Rouge et visiteront son littoral; c'est sans contredit un des points les plus intéressants à explorer, non-seulement par les découvertes qui les attendent, mais encore par l'intérêt que la science retirerait de la possession d'une foule d'animaux dont plusieurs sont gravés dans l'ouvrage d'Égypte et qu'on n'a pu convenablement décrire faute de posséder les objets originaux. Depuis lors le nombre des espèces africaines s'est beaucoup accru par les explorations de MM. Hemprich et Ehrenberg et par le voyage si fructueux de M. Ruppell; de nouvelles recherches permettraient de comparer mieux qu'on n'a pu le faire, les animaux qui habitent les côtes d'Égypte, de Nubie et d'Abyssinie, avec les animaux du littoral de l'Arabie et de la Méditerranée. Le golfe de Suez qu'a exploré avec tant de soin notre honorable confrère M. Savigny est très riche en mollusques, en zoophytes, en crustacés et en annélides. Il sera curieux de retrouver les espèces qu'il a fait connaître et de dessiner les couleurs fugitives des Doris, des Bursatelles, des Onchidies, des Tritonies, etc., etc. On complétera ainsi ce qui manque aux belles planches de la description d'Égypte où malheureusement elles sont représentées en noir.

» En ce qui concerne les mollusques à coquilles, M. Savigny s'est borné à la représentation de leur test. On attache aujourd'hui et avec raison beaucoup d'importance à la connaissance de l'animal, parce que toujours elle est utile et souvent indispensable pour préciser et classer l'espèce. C'est ainsi qu'il faudrait, sans doute, posséder l'habitant de cette jolie coquille de la mer Rouge que nous avons désignée sous le nom d'Anatole, pour savoir si elle se rapproche des cadrans plutôt que des Argonautes, ou si

elle ne s'éloigne pas également de ces deux genres, très distants eux-mêmes l'un de l'autre. . . . .

» Cette étude de l'animal que nous recommandons, s'applique à la classe entière des Zoophytes, et surtout à ces espèces dont les demeures calcaires, de forme souvent arborescente et à loges étoilées, font l'ornement de nos cabinets d'Histoire naturelle. Ce n'est que depuis peu d'années qu'on s'attache à les étudier dans toutes leurs parties; et c'est à leur égard qu'il est nécessaire de décrire et de représenter, sur place, leurs formes et leurs couleurs, si promptement altérables. Sans doute il y aurait beaucoup à faire pour éclaircir l'histoire de leur développement; mais ces recherches exigent du temps et nécessitent une série d'expériences qu'on ne peut demander à un voyageur; cependant il pourra obtenir de la part des pêcheurs des renseignements utiles sur les profondeurs des lieux qu'ils habitent; M. Lefebvre devra tâcher surtout de se procurer ces polypiers à tiges flexibles dont on ne possède encore qu'un petit nombre d'espèces propres à la mer Rouge.

» Depuis que M. Savigny a par ses admirables analyses tiré de l'obscurité les annélides, un intérêt nouveau s'est attaché aux animaux de cette classe. Ce grand travail il l'a entrepris, comme on sait, à l'occasion des espèces de la mer Rouge qu'il voulait décrire. On comprendra dès-lors l'avantage qu'il y aurait en visitant les mêmes lieux de recueillir les mêmes espèces : elles manquent généralement dans les collections, et cela est d'autant plus fâcheux que quelques-unes comme les *Aristénies*, les *OEnones*, les *Aglaures*, etc., constituent des genres distincts et très remarquables.

» Les crustacés du golfe Arabique, à en juger par ceux que MM. Savigny et Ruppell ont décrits, ne sont pas moins dignes de fixer l'attention; les *Micippa platipes*, *Xantho granulosus*, *Ruppelia tenax*, et plus de 40 autres espèces de Crustacés dans le seul ordre des Décapodes nous sont inconnus, mais des lacunes plus sensibles encore se font remarquer parmi les Crustacés dont le volume est moindre, et quand on considère de combien d'êtres nouveaux s'est enrichi dernièrement le seul ordre des Amphipodes, par les recherches de M. Milne Edwards sur les espèces de nos côtes, on se figure facilement ce que devront produire des explorations entreprises dans des mers dont on n'a rapporté que les objets les plus saillants.

» C'est pourtant parmi les crustacés de la plus petite taille, tels que les Isopodes et les Amphipodes; c'est surtout dans l'ordre si remarquable des Lernées, comme l'ont démontré les beaux travaux de M. Nordmann, qu'on peut espérer découvrir encore de ces formes bizarres qui nous ré-

vèlent des combinaisons organiques nouvelles et ajoutent ainsi d'utiles anneaux à la chaîne qui unit tous les êtres.

» On ne saurait donc trop recommander leur étude aux voyageurs et les engager aussi à observer les espèces dont la présence se lie à des circonstances qui caractérisent certaines localités. Par exemple, M. Lefebvre devra rechercher ces petits crustacés de couleur rouge signalés en Égypte par M. Félix d'Arcet dans les lacs de Natron, et qui ont une analogie si frappante par leurs habitudes et par leur structure avec les Artémies des marais salants du midi de la France, de l'Angleterre et de la Russie.

» M. Savigny a décrit un grand nombre d'Arachnides égyptiennes, qui nous donnent une idée de la variété de leurs formes. Sans doute que la Nubie et l'Abyssinie en présenteront de nouvelles.

» Celle du genre Lycose, auquel appartient la Tarentule, méritera un examen spécial, à cause du soin qu'on a mis à distinguer les espèces, d'où il résulte que la Tarentule de Provence n'est pas la même que la Tarentule d'Italie, et que toutes deux diffèrent de celle qu'on trouve aux environs d'Alexandrie.

» La recherche de ces Arachnides et de beaucoup d'autres, constituant des genres nouveaux et moins connus dans leurs mœurs, ne devra pas être négligée. Nous en dirons autant des petites espèces parasites de la division des Trachéennes et entre autres d'un *Trombidium* rapporté au *Tr. Tinctorium* que M. Caillaud a rencontré au Sennaar, et dont on tire, dit-on, une matière colorante d'un beau rouge.

» Mais c'est particulièrement la classe des insectes qui, dans la contrée vierge que MM. Lefebvre, Petit et Dillon vont parcourir, leur fournira une plus ample récolte. Sans doute il faudrait pouvoir ne négliger aucune espèce; cependant leur attention devra se porter de préférence sur celles qui sont propres au pays qu'ils visitent et qui appartiennent à des genres qui n'ont pas de représentant en Europe. Nous citerons entre autres parmi les Coléoptères, les *Anthies*, les *Siagones*, les *Sépidies*, les *Eurychores*, etc., etc., dont on ignore presque entièrement les habitudes, et dont on ne connaît pas les larves. Nous leur signalerons aussi la recherche des Copris ou *Bousiers*, avec l'indication précise des localités propres à chaque espèce. Le soin que les Égyptiens ont mis à les représenter, et la variété des caractères qui les distinguent entre eux, dans leurs sculptures, rend nécessaire pour décider jusqu'à quel point ils se sont écartés des modèles que leur offrait la nature, de connaître non-seulement toutes les espèces propres à l'Égypte, mais celles des pays voisins. Ces matériaux permettraient

d'entreprendre un jour la monographie de ces insectes, qu'on rendrait doublement intéressante en comparant les espèces vivantes avec celles dont ils nous ont laissé de si nombreuses figures.

» L'Afrique est la contrée propre aux Orthoptères. Aucun voyageur n'a manqué d'en parler, mais il existe une grande confusion à leur égard: il faudrait pour la faire cesser, récolter plusieurs individus de chaque espèce et ne pas manquer de réunir des faits précis sur les dégâts qu'ils causent, les moyens qu'on oppose au fléau, les époques où ils se montrent et les circonstances de leurs émigrations.

» Si des renseignements relatifs aux espèces nuisibles ont un haut degré d'intérêt, on conçoit l'importance qu'on attacherait à en posséder sur les espèces qui pourraient offrir un genre d'utilité quelconque; ainsi il serait très curieux de réunir de nouveaux documents sur la manne des Israélites, qui, suivant l'observation récente de M. Ehrenberg, découlerait d'un tamarix, par suite de la piqûre d'un petit insecte du genre Coccus. Aujourd'hui encore les Arabes et les moines grecs du mont Sinaï en mangent, dit-on, en guise de miel avec du pain. Ce tamarix et l'insecte dont la piqûre détermine l'écoulement de cette manne, habitent-ils seulement l'Arabie Pétrée, et les montagnes de l'Abyssinie offriraient-elles quelque arbuste et quelque insecte analogue? Mais, sans doute, il existe beaucoup d'autres espèces dont il serait possible de tirer un très grand parti, et, lorsqu'on songe à tout ce que la science a de puissance aujourd'hui pour mettre en œuvre, lorsqu'on réfléchit combien ses méthodes et l'extension qu'elle a prise ont développé d'idées ingénieuses et fécondes dans les esprits, lorsque d'un autre côté on voit tant de contrées nouvelles qui s'explorent, tant d'objets nouveaux qui en proviennent, on est porté à en conclure que l'homme est loin encore d'avoir découvert toutes les sources à son usage que renferme la nature, et cette pensée, encourageante pour tous, est surtout bien capable d'exciter le zèle du voyageur qui parcourt des régions inconnues, dans le but d'y recueillir des faits utiles à la science et profitables à l'industrie. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède par voie de scrutin à la nomination d'un Correspondant pour l'une des places vacantes dans la section d'Anatomie et de Zoologie.

La liste présentée par la Section porte dans l'ordre suivant les noms de:

MM. Oken, à Zurich;
Carus, à Dresde;
Muller, à Berlin;
Owen, à Londres;
Baër, à Kœnisberg, et Rathke à Kœnisberg; (*ex æquo*),
Delle Chiaje, à Naples, et Valentin, à Berlin (*ex æquo*).

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant de 48,

M. Owen obtient. . . 18 suffrages,
M. Muller. 17
M. Oken. 13

Aucun des candidats n'ayant obtenu la majorité absolue, on procède à un second tour de scrutin. Le nombre des votants est de 47 :

M. Owen obtient. . . 24 suffrages,
M. Muller. 17
M. Oken. 6

M. **Owen** ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est déclaré Correspondant de l'Académie pour la section d'Anatomie et de Zoologie.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ZOOLOGIE. — *Observations pour servir à l'histoire des Polypes d'eau douce; par* M. Gervais. (1er et 2e Mémoire.)

(Commissaires, MM. de Blainville, Milne Edwards.)

L'auteur, dans la Lettre qui accompagne les deux Mémoires, donne, dans les termes suivants, une idée des recherches qui en font l'objet:

« Depuis que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie (décembre 1836) les premiers résultats de mes observations sur les Polypes composés qui vivent dans nos eaux douces, une étude suivie de ces animaux m'a fourni différents détails nouveaux relatifs à leur histoire zoologique, physiologique et anatomique; aussi ai-je pensé qu'il serait utile, en y joignant ce que d'autres personnes avaient également vu, d'en faire le sujet d'un travail monographique dont je vous soumets les deux premières parties.

» Les recherches auxquelles je me suis livré m'ont convaincu davantage non-seulement de la diversité d'espèces de ces animaux, mais aussi de celle de leur organisation.

» C'est ainsi que j'ai constaté que nous possédons dans les environs de Paris non-seulement plusieurs genres ou espèces de Polypes voisins de l'Alcyonelle, et dont les tentacules sont de même supportés par un double appendice recourbé en fer-à-cheval, mais aussi des espèces à tentacules infundibuliformes, et qui deviennent par conséquent les premiers représentants fluviatiles de la nombreuse série des Polypes marins à double orifice.

» Ces espèces se rapportent à deux genres que j'ai établis et décrits dans l'un des Mémoires que je vous présente; elles sont voisines des Tubulipores et de quelques autres Polypes cellariés sans opercule, dont les analogues fossiles ont quelquefois été donnés comme caractéristiques des terrains marins, parce qu'en effet toutes les espèces jusqu'ici rangées dans le même groupe vivaient dans les eaux de la mer.

» J'avais déjà indiqué le premier de ces genres sous le nom de *Paludicella*, et j'ai donné au second celui de *Fredericilla*. Il a pour type la *Tubulaire sultane*, qui n'avait pas été reconnue depuis la trop courte description qu'en avait donnée Blumenbach, l'auteur de sa découverte. J'ai pu l'étudier et la faire figurer d'après des individus recueillis dans Paris même.

» Quant aux Polypes d'eau douce qui font le sujet de l'autre Mémoire, ce sont ceux qui ont l'appareil tentaculaire supporté par une sorte de fer-à-cheval. Ils n'ont pas jusqu'ici d'analogues marins. Je rectifie la synonymie fort embrouillée des divers genres et espèces de cette catégorie, et je donne la description et la représentation de ceux de nos environs. J'ai ajouté quelques faits nouveaux relativement à leur physiologie et à leur anatomie, et j'ai surtout observé en détail le développement des œufs de la *Cristatelle*, rendus fort singuliers par les espèces de crochets ou d'épines dont ils sont entourés à l'époque de leur entier développement.

» Dans un troisième Mémoire que la saison trop avancée ne m'a pas permis d'achever, j'espère compléter ce travail monographique. »

CHIMIE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyser des eaux sulfureuses; par* M. DU PASQUIER.

(Commissaires, MM. Dumas, Robiquet, Pelouze.)

GÉOMÉTRIE. — *Aperçus nouveaux sur l'ellipse considérée comme figure de géométrie élémentaire*; *par* M. **Ingard.**

(Commissaires, MM. Puissant, Poncelet.)

M. le **Ministre des Travaux publics, de l'Agriculture et du Commerce** transmet un Mémoire sur la *vaccine*, par M. **Bailleul**, médecin en chef de l'hôpital Pauquet, de Bolbec.

(Renvoi à la Commission du concours pour le prix proposé par l'Académie sur la variole, la vaccine et les diverses questions qui s'y rattachent.)

M. **Irroy** prie l'Académie de vouloir bien charger une Commission d'examiner un appareil qu'il désigne sous le nom de *calorifère-éclaireur.*

(Commissaires, MM. Gay-Lussac, Darcet.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse l'ampliation de l'ordonnance royale qui confirme la nomination de M. **Boussingault** comme membre de l'Académie des Sciences, section d'Économie rurale.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur un ajutage mobile capable de rendre un* maximum *la dépense d'un liquide sortant d'un réservoir, sous une charge constante*; *par* M. **Combes.**

« Lorsqu'un liquide sort d'un réservoir, où le niveau est entretenu constant, par un ajutage ou une conduite prismatique, la vitesse moyenne du liquide sortant est moindre que celle due à la charge effective, à cause des frottements et autres résistances passives. La partie de la hauteur de chute dont l'effet est détruit par ces résistances, est appelée par les hydrauliciens, la *hauteur perdue*.

» Cependant lorsqu'on n'a égard qu'au débit du liquide dans un temps donné, il serait plus exact d'appeler *hauteur perdue*, la hauteur génératrice de la vitesse moyenne effective : car le liquide, en vertu de la vitesse qu'il possède, au débouché de l'ajutage ou de la conduite, pourrait faire mouvoir un appareil capable d'augmenter la dépense, et de la porter à

son maximum, sans addition d'aucune force motrice étrangère à la chute du liquide lui-même. Le maximum correspondrait évidemment à une vitesse de circulation, telle que la hauteur totale de chute fût absorbée par les résistances passives. On pourrait dire alors qu'elle serait complétement utilisée pour l'écoulement. Un appareil capable de produire cet effet, devra satisfaire à la condition que le liquide qui aura agi sur lui, en vertu de la force vive qu'il possédait, au débouché de la conduite, l'abandonne avec une vitesse absolue nulle, de façon que la hauteur génératrice de la vitesse finale soit également nulle. Aucun ajutage fixe ne peut être dans ce cas. On sait d'ailleurs, par les expériences d'Eytelwein, que les ajutages évasés, qui augmentent la dépense quand ils sont adaptés au bout d'un tuyau court, sont à peu près sans influence lorsqu'ils sont placés à l'extrémité d'une conduite un peu longue. Toutes les conditions requises sont remplies théoriquement par une roue à réaction, fonctionnant comme pompe à force centrifuge, adaptée à l'orifice d'écoulement; l'ajutage et la conduite doivent alors être recourbés de façon que le plan de l'orifice soit horizontal. Construite suivant les règles développées dans mon travail sur le ventilateur et les roues à réaction, présenté à l'Académie, en avril et juin 1838, cette roue sera un ajutage mobile qui tournera autour d'un axe vertical, sous l'impulsion du liquide débouchant par l'orifice, recevra ce liquide, sans perte de force vive, dans ses canaux courbes, et le versera à sa circonférence extérieure, avec une vitesse absolue nulle. Elle rendra ainsi le débit aussi grand que le comportent les résistances passives inhérentes à la circulation dans les parties fixes de tout l'ensemble, sauf le frottement qui aura lieu contre les aubes, ou parois des canaux courbes de la roue. Il sera aisé, dans chaque cas particulier, d'en calculer les dimensions.

» Supposons, par exemple, que le liquide s'écoule d'un réservoir très large, sous une charge constante H, par une conduite prismatique, dont la longueur, la section transversale et le périmètre soient représentés par L, S et C. La vitesse d'écoulement V sera donnée par l'équation connue,

$$H = \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right) + \frac{v^2}{2g} \times \frac{2\mathrm{C}CL}{S} \qquad (1),$$

dans laquelle μ et C sont des coefficients numériques. J'ai supposé, pour plus de simplicité, la résistance du frottement simplement proportionnelle au carré de la vitesse.

» Lorsque la hauteur totale H sera employée à surmonter le travail des

résistances passives, la vitesse, au débouché, et dans une section transversale de la conduite, sera fournie par l'équation

$$H = \frac{u^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2} - 1\right) + \frac{u^2}{2g} \times \frac{2\zeta CL}{S}. \qquad (2$$

Pour que la vitesse u puisse avoir lieu, il est nécessaire que la pression, sur le liquide qui traverse le plan de l'orifice d'écoulement, soit moindre que la pression atmosphérique, qui s'exerce sur la surface libre du liquide, dans le réservoir, et la différence de ces pressions doit être évidemment mesurée, en colonne du liquide, par la hauteur génératrice de la vitesse u, c'est-à-dire $\frac{u^2}{2g}$.

» La question se réduit donc à construire une roue à réaction, ou pompe à force centrifuge, capable d'élever d'un réservoir indéfini, à une hauteur verticale $\frac{u^2}{2g}$, un volume d'eau $S \times u$ par seconde, avec cette condition que le tuyau aboutissant à l'ouverture centrale du disque fixe de la roue ait une section égale à S. Ramenée à ces termes, la solution est explicitement donnée dans les mémoires cités plus haut. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Recherches sur la matière incrustante des bois.* — Extrait d'une lettre de M. PAYEN.

« Dans mon travail sur la composition immédiate du ligneux, après avoir extrait le tissu pur, j'avais déduit de plusieurs analyses comparées les données chimiques nouvelles sur la *matière incrustante* des bois, mais sans pouvoir isoler celle-ci.

» Un grand nombre d'essais sur les produits ligneux m'ont enfin permis d'isoler cette substance à l'état de pureté : j'ai pu vérifier directement ainsi son influence sur la composition des différents bois et reconnaître qu'elle caractérise le *duramen* et constitue la *sclérogène;* mes observations s'accordent donc parfaitement avec celles des physiologistes.

» La formule brute de la substance incrustante libre est représentée par $C^{35} H^{24} O^{10}$, tandis que la formule rationnelle de la cellulose $= C^{24} H^{20} O^{10}$ ou $C^{24} H^{18} O^{9} + H^{2}O$.

» La première renferme sensiblement un centième d'hydrogène en excès; l'acide azotique en l'attaquant dégage des vapeurs rutilantes; l'acide sulfurique concentré et l'acide chlorhydrique la colorent fortement : tous ces caractères la distinguent de la cellulose aussi bien que sa composition élémentaire.

» Je me suis assuré qu'elle constitue les jolies concrétions observées dans les poires et décrites par M. Turpin, comme celles que depuis j'ai extraites du liége, de l'écorce épaisse d'un chêne blanc et de plusieurs autres tissus. Quoique sa dureté soit très grande, cette matière est assez friable pour se réduire en poudre sous le pilon, tandis que le tissu environnant se déchire; on comprend donc comment les bois broyés et tamisés peuvent donner, parfois, une poudre offrant la composition de leur substance incrustante.

» Voici les résultats moyens de mes nouvelles analyses :

SUBSTANCES ligneuses.	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Tissu.	Matière incrustante.	Combustible équivalent en charbon.
Matière incrustante...	53,76	6	40,2	0	100	56,8
Bois de Sainte-Lucie..	52,9	6,07	41,03	10	+ 90	55,35
Bois d'ébène.........	52,85	6	41,15	11	+ 89	53,75
Ligneux de noix......	51,92	5,96	42,12	18	+ 82	53,92
Bois de chêne.......	50	6,2	43,8	39	+ 61	52,3
Id. suiv. MM. Thénard et Gay-Lussac......	51,45	5,82	42,73	....	.....	52,92
Hêtre...............	49,25	6,1	44,65	48	+ 52	51,43
Cellulose............	44,9	6,1	49	100	0	44,9

» On remarquera que dans l'analyse des bois, MM. Thénard et Gay-Lussac avaient aussi trouvé un excès d'hydrogène : on n'en avait pas tenu compte généralement, sans doute parce qu'il semblait bien faible, mais il faut reconnaître aujourd'hui que l'exactitude de ce résultat avait une importance réelle. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Procédé de* M. DAGUERRE.

M. *Arago* annonce que M. *Talbot*, physicien anglais de beaucoup de mérite, lui a écrit au sujet du procédé de M. *Daguerre*.

M. *Arago* s'est trouvé d'abord quelque peu embarrassé sur la question de savoir si M. *Talbot* désirait que sa lettre fût communiquée à l'Académie; mais il n'a plus conservé de doute dès qu'il a vu qu'une

seconde expédition de la même lettre avait été adressée à M. *Biot*. Voici textuellement ce que M. *Talbot* mande aux deux académiciens :

« Londres, le 29 janvier 1839.

» Messieurs,

» Dans peu de jours j'aurai l'honneur d'adresser à l'Académie des » Sciences, une réclamation formelle de priorité, de l'invention annoncée » par M. Daguerre dans ses deux points principaux :

» (1.) La fixation des images de la *camera obscura*;

» (2.) La conservation subséquente de ces images, de sorte qu'elles peuvent soutenir le plein soleil.

» Très occupé, en ce moment, d'un Mémoire sur ce sujet, dont la » lecture sera faite à la Société royale après-demain, je me borne à vous » prier d'agréer l'expression de toute ma considération.

» H. F. Talbot,

» Membre de la Société royale de Londres. »

M. Talbot, dit M. Arago, est un esprit trop éminent, un trop bon logicien, pour vouloir, dans une question de priorité, tirer aucun parti du Mémoire dont il était *très occupé* à la date du 29 janvier 1839, contre une communication académique de M. *Daguerre* qui remonte à plus d'un mois. M. *Talbot* doit incontestablement posséder d'autres titres. Voici quelques détails qu'il sera appelé à discuter :

La première idée de fixer les images de la chambre obscure ou du microscope solaire sur certaines substances chimiques, n'appartient ni à M. *Daguerre* ni à M. *Talbot*. Nous aurons à rechercher plus tard, si M. *Charles*, de l'Académie des Sciences, qui faisait des *silhouettes* dans ses cours publics, a précédé ou a suivi M. *Wedgewood*.

Les premiers essais de M. *Niépce*, de *Châlons-sur-Saône*, pour perfectionner le procédé de M. *Charles* ou de M. *Wedgewood*, sont de 1814.

Nous avons des preuves authentiques, des *preuves légales*, qu'en 1826, M. *Niépce* savait engendrer des images qui, après une certaine opération que nous ferons connaître en temps et lieu, résistaient à l'action ultérieure des rayons solaires.

Nous produirons des dessins, exécutés sur diverses substances, par la méthode de M. *Niépce*, avec des perfectionnements de M. *Daguerre*, qui remontent à 1830.

Nous publierons l'*acte d'association* du 14 décembre 1829, enregistré

suivant les prescriptions de la loi, à la date du 13 *mars* 1830, et par lequel MM. *Niépce* et *Daguerre* s'étaient associés pour exploiter le procédé à l'invention duquel ils avaient concouru l'un et l'autre.

Nous prouverons enfin, par la correspondance de M. *Niépce,* mort le 5 juillet 1833, que M. *Daguerre* était déjà, du vivant de son ami, en pleine possession du procédé, entièrement neuf, dont il se sert aujourd'hui, et que plusieurs des dessins que le public a tant admirés, existaient à cette époque.

Depuis cinq à six ans la méthode de M. Daguerre n'a guère reçu que de légères améliorations dont un artiste éminent pouvait seul sentir la nécessité.

M. *Talbot* a dû être bien mal informé de l'état des choses, puisqu'il ne parle dans sa lettre que d'une invention *annoncée.* M. Daguerre a fait infiniment plus qu'*annoncer* sa découverte; il en a montré les produits à tout le monde : Français, Anglais, Allemands, Italiens, Russes, se trouvaient journellement réunis dans son cabinet, et confondaient franchement, sans réserve, les témoignages de leur admiration.

Complétement initié à tous les détails de la nouvelle méthode, M. Arago s'est assuré, en faisant une vue du boulevart du Temple, qu'il n'est nullement nécessaire d'être peintre ou dessinateur pour réussir aussi bien que M. *Daguerre* lui-même. Examinée à la loupe, cette vue offrait des objets, tels *que des tiges de paratonnerres très éloignés,* reproduits avec une incroyable netteté, et dont l'œil ne soupçonnait pas l'existence.

Le trait par lequel la méthode *Daguerre* se distingue principalement de la méthode *Niépce,* c'est la promptitude. Les objets sont dessinés avant que les ombres aient eu le temps de se déplacer. Les demi-teintes, toutes les circonstances de la perspective aérienne se trouvent reproduites avec un degré de vérité et de finesse dont l'art du dessin ne semblait pas susceptible. M. Arago ne doute pas qu'on ne parvienne à former une image exactement nuancée de la pleine Lune, si l'on adapte la plaque imprégnée de la nouvelle substance à la lunette, conduite par une horloge, d'une machine parallactique.

« A la suite de la communication précédente de M. Arago, M. **Biot** dit qu'il a aussi reçu de M. *Talbot* une lettre absolument pareille; qu'il a pensé que ce savant n'avait probablement pas une connaissance complète des circonstances à la suite desquelles la découverte de M. Daguerre a reçu sa publicité actuelle; et qu'il a cru essentiel de les lui expliquer dans les termes suivants :

« Monsieur,

» Je reçois, à l'instant, la lettre que vous me faites l'honneur de m'écrire, pour me faire connaître l'intention où vous êtes d'adresser prochainement à l'Académie des Sciences, une réclamation formelle de priorité, relative à l'invention annoncée par M. Daguerre.

» Vous me rendrez, sans doute, la justice de croire que je ne voudrais pas hasarder d'avance, une opinion préconçue sur un sujet aussi délicat. Mais je dois, dans l'intérêt de la vérité, vous prévenir, au cas où vous l'ignoreriez, que les amis de M. Daguerre savent qu'il s'est occupé constamment de cette recherche depuis plus de quatorze ans; et je puis attester qu'il m'en a parlé il y a plusieurs années. Il a même conservé, et nous a montré, une foule de résultats plus ou moins heureux, qu'il avait obtenus par divers procédés, avant d'arriver à celui qu'il emploie maintenant, et dont les effets font l'admiration de tous nos artistes par leur perfection et leur délicatesse. Il a aussi eu la bonté de me confier une multitude de faits physiques extrêmement intéressants pour la science, que ce procédé lui a fait découvrir; et il a bien voulu, à ma prière, réaliser, par le même moyen, plusieurs expériences de recherche qui me semblent avoir une grande importance théorique. Enfin, il a communiqué son secret tout entier à M. Arago, que vous savez, aussi bien que moi, avoir un esprit trop étendu et trop généreux, pour se laisser prévenir par des préjugés de nationalité. Je m'empresse, Monsieur, de vous adresser cette déclaration, pour que vous puissiez apprécier, par vous-même, les faits qu'elle renferme. Je la devais autant à l'estime que m'ont inspirée vos précédents travaux sur l'optique, qu'à la confiance que vous voulez bien me témoigner.

» J'ai l'honneur d'être, etc.

» Paris, le 31 janvier 1839. »

« Au reste, ajoute M. Biot, voici une autre preuve de publicité irrécusable, et qui date déjà de trois années. Le *Journal des Artistes*, tome II, page 203, parlant déjà des inventions et des recherches de M. Daguerre, contient le passage suivant, *qui a été imprimé* au mois de septembre 1835.

« Ces découvertes l'ont mené à une découverte analogue, plus étonnante
» encore s'il est possible: il a trouvé, dit-on, le moyen de recueillir, sur un
» plateau préparé par lui, l'image produite par la chambre noire; de ma-
» nière qu'un portrait, un paysage, une vue quelconque, projetés sur ce
» plateau, par la chambre noire ordinaire, y laisse son empreinte en clair et

» en ombre, et présente ainsi le plus parfait de tous les dessins. Une préparation mise par-dessus cette image, la conserve pendant un temps » indéfini. »

» Ce que l'article ci-dessus annonçait en 1835 de la découverte de M. Daguerre, est précisément ce qu'il vient de faire voir à tout Paris, à la fin de 1838. »

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Relation du coup de foudre qui a frappé le vaisseau anglais* le Rodney, *dans la journée du 7 décembre* 1838.

M. Arago a mis sous les yeux de l'Académie la relation suivante du coup de foudre qui a frappé le vaisseau *le Rodney*. Cette relation, signée du capitaine *Hyde-Parker*, est parvenue en trois expéditions : la première, par le Ministère de la Marine ; la seconde, M. Arago la tient du zèle de M. *Fabreguette*, consul de France à *Malte*; il est redevable de la troisième à M. le capitaine *Basil Hall*. Aux yeux des physiciens les principales circonstances de cet événement seront, sans aucun doute, d'une part, la date ; de l'autre, *la forme globulaire* que prit la matière électrique en s'échappant latéralement du grand mât.

Traduction de la relation du capitaine HYDE-PARKER.

« Le vendredi 7 *décembre* 1838 (dans la Méditerranée), par 30°40′00″ de latitude nord, à neuf heures environ du matin, le temps devint mauvais par raffales du S.-O., accompagnées d'un très fort orage mêlé de grêle et suivies d'un éclair qui fut probablement attiré sur le grand mât de perroquet par un anneau de cuivre attaché à la girouette. La foudre enleva le grand mât de perroquet, laissant le pied seul dans le chouquet ; elle mit le feu à la grande voile du perroquet, qui se trouvait alors ferlée et qui brûla avec violence jusqu'à ce qu'il fût possible d'éteindre le feu ; elle coupa un tiers du grand mât de hune à six pieds environ au-dessus du chouquet et descendit le long du grand mât, en faisant éclater treize cercles et en arrachant les jumelles. La foudre s'échappa à huit pieds au-dessus du pont, en un *globe de feu;* elle passa par-dessus le bastingage sous le vent. Une portion du fluide électrique pénétra certainement dans la cale, puisque les braies, autour du grand mât, furent déchirées et le couvercle de la pompe de tribord détruit. En examinant attentivement cette pompe on a découvert qu'elle était pleine de fumée et qu'elle exhalait une forte odeur de soufre.

» Il y avait quatre hommes au sommet du mât au moment où la foudre

le frappa. Un d'eux fut tué sur le coup; un second, sévèrement brûlé, languit jusqu'à trois heures et mourut ensuite. Leurs vêtements avaient totalement disparu; ces deux hommes étaient, quand on les releva, dans un état complet de nudité. Les autres deux n'avaient été ni sérieusement blessés, ni même fortement étourdis, quoique le pantalon de l'un d'eux lui eût été arraché sur la jambe droite. Quelques personnes qui se trouvaient près du grand mât furent renversées et étourdies, non pas, peut-être, par la foudre, mais par une explosion épouvantable, accompagnée d'une flamme brillante et bleue qu'on aperçut dans toutes les parties du vaisseau.

» Il n'y eut pas d'*éclairs*, jusqu'au soir, après le coup foudroyant, quoique le ciel continuât à rester orageux et pluvieux. Il n'y en avait pas eu davantage, le matin, avec une seule exception, peu de minutes avant la chute de la foudre.

» Dans la nuit du 6 au 7 décembre, le temps avait été couvert, avec de fortes raffales accompagnées de pluie; par intervalles, quelques éclairs s'étaient montrés à une grande distance.

» Le vent était S.-S.-O. à S.-O.

» Le paratonnerre n'était pas en place au moment où la foudre tomba.

» Signé, HYDE-PARKER, capitaine.

» Malte, le 30 décembre 1838. »

MÉTÉOROLOGIE OPTIQUE. — *Propriétés optiques de la vapeur d'eau.*

M. le professeur *Forbes*, d'*Edimburgh*, écrit à M. *Arago* qu'il a constaté, par une nombreuse série d'expériences, que la vapeur d'eau, avant tout commencement de condensation, est complétement transparente et ne communique aucune coloration sensible aux rayons qui la traversent; qu'au moment où la condensation est arrivée à un certain terme, la vapeur n'est transparente, comme un verre enfumé, que pour des rayons rouges; que dans un troisième état, enfin, elle est opaque pour de grandes épaisseurs, et, avec des épaisseurs moindres, laisse passer la lumière blanche sans la colorer. De la vapeur d'eau renfermée dans un globe de verre, prend les trois états en question par de simples changements de température.

Ces phénomènes n'exigeant pas impérieusement que les vapeurs aient de fortes tensions, M. *Forbes* en conclut que les vives couleurs rouges du soleil couchant, peuvent dépendre du passage de la lumière de l'astre à travers des nuages placés dans les conditions critiques de précipitation qui

ont donné le rouge dans les expériences de cabinet. On concevrait ainsi, dit l'auteur, comment la couleur rouge de l'horizon au soleil couchant, a été considérée comme un pronostic météorologique.

M. *Forbes* s'est assuré que l'action particulière de la vapeur d'eau dont il vient de s'occuper, n'est pas accompagnée de la formation de nouvelles lignes obscures dans le spectre solaire, comme cela arrive, au contraire, d'après une découverte de *sir David Brewster*, quand on emploie les rayons qui ont traversé le gaz nitreux. L'absorption, dans la vapeur, commence par le violet et l'indigo; ensuite elle atteint le bleu; avec encore plus d'épaisseur elle affaiblit considérablement le jaune; il ne reste à la fin qu'un rouge très vif et un *vert imparfait*.

MÉTÉOROLOGIE. — *Abaissement extraordinaire du baromètre pendant la tempête du 7 janvier* 1839.

Sir *John Robison* écrit à M. *Arago* que pendant la tempête du 7 janvier 1839, le baromètre, à Édimburgh, descendit, au moment du minimum ($5^h\ 30'$ du matin), à:

$$27^{pou.},65 \text{ anglais} = 702^{millim.},30.$$

Un abaissement extraordinaire de la colonne mercurielle se manifesta dans quelques endroits, à *Stirling*, par exemple, avant que le vent commençât à s'y faire sentir.

A *Edimburgh*, pendant quelques fortes bouffées, sir *John Robison* constata que la pression sur un pied carré anglais de surface plane, dépassait 8 *pounds* (livres).

PHYSIQUE. — *Électro-magnétisme.*

M. *Zantedeschi* écrit qu'il prouve par ses expériences l'*identité phénoménale de l'appareil de Volta avec les spirales électro-magnétiques et les aimants*.

Les expériences de M. *Zantedeschi* consistent simplement à étudier les attractions ou les répulsions d'une aiguille aimantée qu'on présente à un circuit fermé circulaire, composé de deux lames, l'une de cuivre, l'autre de zinc soudées à l'extrémité d'un diamètre, séparées à l'autre extrémité par un morceau de carton et plongeant de ce côté dans un liquide acidulé. Les déviations sont de signe contraire à l'intérieur et à l'extérieur du cercle pour des points correspondants. M. *Zantedeschi* explique ces effets par des pôles contraires situés sur les surfaces opposées des lames.

Ces *expériences*, si nous les comprenons bien, ne sont-elles pas analogues à celles qu'on a faites dans les premiers temps de la découverte d'*OErsted*.

MÉTÉOROLOGIE. — *Étoiles filantes.*

M. l'abbé *Raillard* écrit qu'il observa une apparition extraordinaire d'étoiles filantes dans la nuit du 7 décembre 1830. Cette observation, rapprochée de celle de M. *Herrick* dont il a été récemment question, tend à confirmer l'idée que le 7 décembre devra être inscrit parmi les époques de l'année où se montrent périodiquement de grandes quantités d'étoiles filantes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Température des couches terrestres inférieures.*

En envoyant un Mémoire imprimé contenant une réfutation détaillée de *l'hypothèse plutonique* à laquelle tant de géologues modernes se sont ralliés, M. *Parrot* père, de l'Académie de Pétersbourg, émet le vœu que cette hypothèse et les observations de température souterraine sur lesquelles on l'appuie, soient soumises à une discussion publique.

M. **A. Thierry**, à l'occasion d'une communication faite dans une des séances précédentes, par M. *Serres*, sur les *rapports de l'amnios avec l'embryon*, écrit qu'il a depuis long-temps émis la même opinion, et cite à l'appui de cette réclamation de priorité un passage de la thèse qu'il a soutenue pour obtenir le grade de docteur le 6 août 1828. Ce passage est conçu dans les termes suivants. (M. Serres a désiré qu'il fût inséré ici textuellement.)

« La peau du fœtus dans les eaux de l'amnios est douée d'une grande » force d'absorption; la chute constante de l'épiderme chez les enfants » nouveau-nés ne prouve-t-elle pas que cette partie de la peau n'est chez » lui qu'une continuation de la membrane dans laquelle les eaux sont » contenues. Le travail éliminatoire, qui s'établit lorsque le nouvel être » se trouve dans l'air, n'annonce-t-il pas une modification de l'organe » cutané en rapport avec le nouvel agent qui est en contact avec la peau. »

M. **Galy-Cazalat** écrit pour réclamer la propriété des *grilles de fourneaux* composées de barreaux creux dans lesquels on laisse arriver un courant de vapeur. Ses droits à la propriété pour cette invention sont, dit-il, constatés par la teneur du brevet qu'il a pris, en date du 27 juin 1837.

(Renvoi à la Commission.)

M. **Fabreguette**, consul à Malte, adresse un article du journal publié dans cette île sous le nom d'*Ape melitense*, où se trouve un relevé des individus morts de la *petite vérole* pendant les deux épidémies qui ont sévi sur la population maltaise en 1830 et 1838, avec l'indication du nombre de personnes vaccinées qui ont été atteintes de la maladie et y ont succombé. Cet article est de M. **Schinas**, professeur de médecine à l'École de Malte.

Dans la lettre qui accompagne cet envoi, M. *Fabreguette* prie l'Académie de hâter le rapport qui doit être fait sur un conglomérat calcaire qu'il a envoyé de l'île de Crète, et où se trouvent empâtés, avec de nombreux débris de corps marins, plusieurs ossements.

La séance est levée à cinq heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 4.

Mémoire sur la différence qu'offrent les tissus cellulaires de la Pomme et de la Poire ; par M. TURPIN; in-4°.

Description des Machines et Procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation dont la durée est expirée, et dans ceux dont la déchéance a été prononcée; tome 34, in-4°.

De la Phrénologie, du Magnétisme et de la Folie; ouvrage dédié à la mémoire de Broussais; par M. AZAÏS; 2 vol. in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours de Physiologie expérimentale.)

Deuxième partie du cours de Mécanique fait à l'École Polytechnique, par M. DUHAMEL (fin de la *Statique*), autographié, in-4°.

Mémoire sur l'origine psychologique et physiologique des sons articulés; par M. COLOMBAT, de l'Isère; in-8°.

Éloges de feu Pierre Baroilhet et de feu D.-F.-N. Guerbois ; par M. SALONE ; in-8°.

Essai sur la Topographie botanique du mont Ventoux, en Provence ; par M. MARTINS; in-8°.

Description d'un projet de Bibliothèque composé à Rome en 1833, *pour la ville de Paris; par* M. MAUDUIT; in-8°.

Considérations sur la Température du globe terrestre ; par M. PARROT; in-4°.

Monographia generum aloes et mesembryanthemum ; par M. le prince de SALM REIFFERSCHEID-BYCH; fascicules 1 et 2; Dusseldorf; in-4°.

Experimental.... *Recherches expérimentales sur l'Électricité; par* M. FARADAY. (*Nature de la Force ou des Forces électriques. — Relation des Forces électrique et magnétique. — Note sur l'Excitation magnétique.*) In-4°.

Report of.... *Rapport fait à la Société royale de Londres par les Commissions réunies de Physique et de Météorologie, sur la question relative à l'opportunité de recommander au Gouvernement de S. M. B. l'éta-*

blissement d'Observatoires magnétiques permanents et l'équipement d'une expédition navale pour des observations magnétiques à faire dans les mers Antarctiques; rapporteur M. HERSCHELL.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; 25e année, janvier 1839, in-8°.

Répertoire de Chimie scientifique et industrielle; janvier 1839, in-8°.

Revue zoologique; n° 1, 1839.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 5, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 13, 14, 15, in-4°.

La Phrénologie, journal; 3e année, n° 17.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 83.

Gazette des Médecins praticiens; 1re année, n° 3.

La France industrielle, journal; n° 83.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — JANVIER 1839.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	THERMOMÈTRE. Maxim.	Minim.	ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
1	771,53	− 0,9		769,91	+ 2,6		767,81	+ 3,2		763,89	+ 4,2		+ 3,8	− 2,5	Couvert	S. S. O.
2	760,12	+ 7,1		760,20	+ 8,9		760,48	+ 8,4		761,20	+ 6,4		+ 9,2	+ 4,0	Serein	N. O.
3	759,71	+ 7,4		758,99	+ 8,8		757,88	+ 8,2		756,67	+ 6,9		+ 9,0	+ 5,2	Couvert	O.
4	752,90	+ 7,7		751,67	+ 9,0		750,73	+ 10,4		754,01	+ 6,0		+ 10,2	+ 4,6	Couvert	S. O.
5	755,32	+ 1,5		754,08	+ 6,1		752,61	+ 6,2		752,30	+ 2,8		+ 6,8	+ 0,4	Couvert	S. O.
6	753,68	+ 3,6		753,62	+ 5,9		751,93	+ 5,2		746,58	+ 9,5		+ 11,0	+ 2,1	Couvert	S. O.
7	742,67	+ 11,4		743,21	+ 9,4		742,31	+ 8,6		744,65	+ 4,9		+ 11,6	+ 10,1	Couvert	O violent.
8	751,42	+ 3,7		751,49	+ 4,9		752,10	+ 4,7		751,92	+ 4,0		+ 5,0	+ 2,2	Quelques nuages	O.
9	749,94	+ 4,8		752,50	+ 3,7		754,37	+ 4,2		760,50	+ 1,0		+ 4,7	− 0,6	Quelques nuages	O. N. O.
10	767,29	− 1,8		767,56	+ 2,4		767,35	+ 3,0		768,89	+ 1,5		+ 3,3	− 2,9	Serein	N. N. O.
11	768,38	− 2,4		767,12	+ 1,6		766,57	+ 3,5		766,06	+ 3,0		+ 3,7	− 4,0	Vaporeux	S.
12	765,53	+ 4,7		765,38	+ 6,4		764,89	+ 8,9		765,74	+ 7,0		+ 8,9	+ 2,5	Couvert	S. O.
13	764,88	+ 9,4		763,68	+ 11,0		762,98	+ 10,3		761,97	+ 9,5		+ 11,0	+ 5,9	Couvert	O. S. O.
14	760,54	+ 9,3		758,94	+ 10,4		756,86	+ 9,6		754,26	+ 9,2		+ 10,4	+ 8,3	Couvert	O. S. O.
15	755,44	+ 5,8		755,39	+ 6,4		754,75	+ 5,7		756,20	+ 4,5		+ 6,4	− 3,8	Nuageux	O. N.O. fort.
16	757,47	+ 1,2		756,53	+ 4,6		755,60	+ 4,0		755,84	+ 2,0		+ 5,0	0,0	Nuageux	O. N. O.
17	757,50	+ 1,4		756,94	+ 2,7		757,11	+ 3,4		758,20	+ 1,4		+ 3,6	− 0,7	Éclaircies	O. N. O.
18	761,79	− 0,1		761,53	+ 3,2		761,77	+ 4,0		762,74	+ 0,3		+ 4,3	− 1,3	Beau	N. O.
19	757,92	+ 1,3		755,26	+ 2,1		751,02	+ 2,2		753,38	+ 5,0		+ 3,0	− 0,9	Nuageux	S. S. O. viol.
20	761,92	+ 2,2		762,08	+ 6,3		762,19	+ 6,6		760,02	+ 4,8		+ 7,2	+ 0,2	Vaporeux	O S. O.
21	754,59	+ 9,2		753,72	+ 10,1		753,05	+ 9,4		752,81	+ 10,0		+ 10,1	+ 4,2	Couvert	S. O.
22	755,89	+ 1,5		756,84	+ 3,9		757,87	+ 4,8		761,67	+ 2,0		+ 4,8	+ 0,2	Eclaircies	N. N. E.
23	767,43	− 0,6		767,44	+ 2,0		767,64	+ 2,0		770,00	− 0,3		+ 2,5	− 1,7	Serein	N. N. E.
24	770,83	+ 1,2		770,39	+ 2,4		769,82	+ 3,4		767,93	+ 2,0		+ 3,7	− 1,5	Eclaircies	N.
25	762,63	+ 4,5		759,99	+ 5,9		756,32	+ 7,5		754,94	+ 5,0		+ 7,4	+ 2,4	Gouttes de pluie	O. S. O.
26	756,82	+ 0,5		756,87	+ 1,3		757,10	+ 0,8		759,38	− 1,0		+ 1,2	− 1,9	Neige	N. N. E.
27	760,32	− 2,4		759,97	− 0,9		758,97	0,0		759,43	− 3,0		0,0	− 4,3	Beau	E N. E. viol.
28	757,05	− 4,6		755,68	− 2,0		753,54	− 1,6		752,00	− 3,9		− 1,4	− 5,8	Beau	N. N. E.
29	747,31	− 0,3		747,00	+ 3,0		745,97	+ 4,1		742,25	+ 1,8		+ 4,0	− 3,7	Très nuageux	O. N. O.
30	738,72	− 1,7		739,25	− 1,7		739,18	− 1,1		737,97	− 3,2		− 1,2	− 3,9	Quelques nuages	N. O.
31	736,65	− 0,7		737,21	0,0		738,07	+ 0,2		743,10	− 2,8		0,0	− 5,3	Pluie	O. N. O.
1	756,46	+ 4,4		756,32	+ 6,2		755,76	+ 6,2		756,06	+ 4,4		+ 7,5	+ 2,3	Moyenne du 1er au 10	Pluie en centim.,
2	761,14	+ 3,3		760,28	+ 5,5		759,37	+ 5,8		759,44	+ 4,7		+ 6,3	+ 0,6	Moyenne du 11 au 20	Cour. 5,411
3	755,29	+ 0,6		754,94	+ 2,2		754,32	+ 2,7		754,68	+ 0,6		+ 2,9	− 1,9	Moyenne du 21 au 31	Terr.. 3,865
	757,56	+ 2,7		757,11	+ 4,5		756,41	+ 4,8		756,66	+ 3,1		+ 5,5	+ 0,2	Moyennes du mois.	+ 2,8

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 FÉVRIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Sur la propriété qu'a la lumière de rendre des corps phosphorescents; par* M. BECQUEREL.

« Occupé depuis quelque temps à rechercher si la lumière ne possède pas d'autres propriétés que celles qui sont particulièrement relatives à la chaleur et aux affinités chimiques, j'ai été amené à étudier la faculté qu'elle possède de rendre phosphorescents certains corps qui ont été exposés à son action pendant quelque temps. Il résulte de mes expériences que cette faculté qui n'avait pas encore été analysée dans la lumière électrique, paraît résider, sinon entièrement, du moins en partie dans les rayons violets, tandis que les rayons rouges en sont entièrement privés, et que des diaphragmes qui laissent passer presque entièrement la lumière blanche, réduisent cette faculté à peu près à moitié. Le travail que j'ai fait à ce sujet, avec la lumière électrique, est terminé; mais comme je désire le joindre à un autre sur la phosphorescence en général, afin de le coordonner avec ce dernier, je me borne à annoncer à l'Académie le fait général qui lui sert de base et qui n'est pas sans importance pour les sciences physico-chimiques. »

CHIRURGIE. — *Réflexions nouvelles sur l'origine et les effets de l'appareil inamovible dans le traitement des plaies ou solutions de continuité récentes; par* M. LARREY.

« Indépendamment de l'enthousiasme et de la bravoure de nos soldats, nos armées ne durent les victoires éclatantes qu'elles remportèrent sur les ennemis de la France dans les premières campagnes de la guerre mémorable qui se déclara en 1792, qu'à la rapidité ou à la célérité de leurs marches.

» Attaché à ces armées déjà à l'époque de leur formation, et témoin de leurs premiers combats, il me fut facile de reconnaître presque aussitôt les graves inconvénients qui devaient résulter pour nos blessés de la marche lente et embarrassée des ambulances destinées à suivre leurs mouvements, et du mode de pansement des plaies usité jusque alors. Aussi un grand nombre de ces blessés avaient expiré lorsque les secours dont ils avaient un si pressant besoin pouvaient leur parvenir : en sorte que ces infortunés étaient abandonnés sur les champs de bataille ou déposés dans les lieux voisins du combat, souvent sans aucun des moyens indispensables au traitement de leurs blessures.

» Cependant les généraux de cette époque héroïque, presque tous doués d'un grand génie, improvisèrent promptement une stratégie nouvelle et perfectionnèrent la tactique de ces armées.

» La chirurgie militaire devait nécessairement suivre cette impulsion réformatrice et se mettre à portée d'être utile aux blessés que ces armées nous fournissaient continuellement; pour atteindre ce but il fallait d'abord perfectionner leurs moyens de transport afin d'en rendre la marche plus accélérée; il fallait en même temps simplifier le mode de pansement de ces blessés pour les mettre à même de suivre les mouvements rapides de nos légions et de supporter sans inconvénient les vicissitudes de leurs marches forcées dans les divers climats, surtout pendant les saisons rigoureuses.

» Promu de bonne heure au premier rang de ma profession, je sentis le besoin impérieux d'opérer les réformes les plus importantes et les plus utiles; généreusement secondé dans mes entreprises, et encouragé par les généraux en chef, je commençai ces réformes par la création des ambulances volantes destinées à porter les secours de la chirurgie au milieu des combattants. Cette institution fut bientôt suivie de la solution que nous

donnâmes à la question relative au temps où l'amputation d'un membre, jugée indispensable, devait être pratiquée. Nous reconnûmes enfin, peu de temps après, l'impérieuse nécessité, pour la prompte guérison des plaies et le salut des blessés, de faire succéder à l'opération primitive qu'elles indiquent en général (1) un pansement fait avec un appareil que nous avons désigné sous le nom d'*appareil inamovible*, c'est-à-dire un appareil fait de telle sorte qu'il peut rester non-seulement jusqu'à l'époque de la détersion de ces plaies, mais même, autant que possible, jusqu'à celle de leur cicatrisation.

» Cette méthode, que j'avais déjà établie dans les premières campagnes de l'armée du Rhin en 1792, 1793 et 1794, trouva néanmoins des détracteurs; il fallut l'exemple d'un grand nombre de succès pour convaincre et les médecins et les militaires eux-mêmes, de son utilité. En effet, comment aurait-on pu renouveler, sans de grands inconvénients, à des époques plus ou moins rapprochées, le pansement des blessés qu'il fallait quelquefois abandonner dans les villages voisins du lieu du combat ou qu'on transportait avec tant de difficultés à la suite de l'armée pendant ses marches pénibles et accélérées, et souvent sans pouvoir prendre le moindre repos? Mais le succès qui surpassait toujours nos espérances encourageait ces infortunés et leur faisait patiemment attendre les époques favorables à la levée du premier appareil; plus les pansements étaient rares, surtout en hiver, moins les accidents consécutifs étaient graves et plus la cicatrisation des plaies se faisait promptement. En effet, nous avons vu un grand nombre d'amputés de l'un des membres thoraciques partir du champ de bataille immédiatement après l'opération et se rendre dans leurs foyers ou aux hôpitaux de troisième ligne, presque toujours à de grandes distances, et arriver à leur dernière destination sans avoir reçu un seul pansement; ils trouvaient à leur arrivée les plaies entièrement cicatrisées ou en voie de guérison (2).

» Ces phénomènes ont été remarqués par tous les médecins de nos armées, par ceux de l'Angleterre et par l'empereur Napoléon lui-même qui sut les apprécier à la suite de la sanglante bataille d'Eylau livrée en février 1807 (3). Après ce mémorable combat j'ose dire avoir eu le courage,

---

(1) C'est-à-dire leur débridement, l'extraction des corps étrangers, etc.

(2) Voyez ma *Clinique chirurgicale*, à l'article *Amputation des membres*, IIIe et Ve volume dudit ouvrage.

(3) L'un des considérants au décret qui m'a nommé commandant de la Légion-

malgré les objections des commissaires ordonnateurs, malgré la répugnance des blessés eux-mêmes et malgré la rigueur de la saison, de les faire immédiatement transporter dans une île de la Vistule éloignée du champ de bataille d'environ une soixantaine de lieues. Ce transport se fit sur des voitures de nos ambulances volantes et sur des traîneaux, avec la recommandation expresse, au chirurgien en chef commandant le convoi, de ne point renouveler le pansement d'aucun des blessés (à moins de circonstances extraordinaires) avant leur arrivée à cette destination; qu'il suffisait de faire éponger périodiquement l'extérieur des appareils aux lieux de station et de recouvrir ensuite la région blessée avec des portions de couverture de laine dont on était pourvu; de ne pas même laisser descendre ces blessés de leurs voitures, qu'on pouvait d'ailleurs faire remiser très commodément dans de très vastes hangars qu'on trouve fréquemment dans toute la Pologne et l'Allemagne. On pouvait aussi, à l'aide de quelques vases de différentes sortes, dont le convoi était également pourvu, les faire boire, manger sur leurs propres voitures et satisfaire à tous leurs besoins. Le résultat de cette mesure hygiénique fut tel qu'à leur arrivée à Inowraelaw, tous les blessés étaient en voie de guérison, et le chirurgien-major commandant le convoi, M. le docteur Zink, nous déclara n'avoir perdu en route que le vingtième au plus de ses malades, et cependant la plupart des blessures étaient fort graves (1).

» C'est surtout l'état satisfaisant où se trouvèrent les plaies des membres pelviens compliquées de fractures aux os qui me confirma dans l'idée favorable que j'avais déjà conçue à cette époque de traiter exclusivement ce genre de blessures par l'appareil justement appelé *inamovible*, et c'est ce mode de pansement qui plus tard fut le sujet du mémoire que j'eus l'honneur de communiquer à cette Académie.

» Je pense qu'on est déjà convaincu que cette invention est exclusivement due à la nécessité, à l'expérience et à une profonde et constante méditation de ma part, quoi qu'en aient dit quelques médecins de nos jours qui ont voulu faire remonter cette découverte aux temps les plus reculés. Sans doute qu'il est des peuples presque sauvages dans les deux anciens continents qui ont eu l'instinct d'envelopper les membres frac-

---

d'Honneur, après cette bataille, me signale comme créateur des ambulances légères qui avaient rendu les plus grands services aux armées.

(1) Voyez la campagne de Pologne, dans le IIIe volume de l'histoire de mes campagnes.

turés de bandages ou d'appareils plus ou moins compressifs enduits de substances emplastiques qu'ils ne levaient qu'à l'époque où ils croyaient leurs plaies cicatrisées et la soudure des os consolidée, mais il y a loin de ces procédés informes et grossiers à notre invention ou notre méthode rationnelle.

» M. Guyon, chirurgien en chef de l'armée d'Afrique, vient de nous fournir une preuve bien authentique de l'imperfection de ces procédés, c'est un fait remarquable qui lui a été communiqué par l'un de mes anciens élèves, M. le docteur Périer (1), attaché à l'un des corps auxiliaires de l'armée formé par des Arabes.

» Ce médecin raconte que le 27 août 1838, un jeune Arabe nommé Thaïb, fils de Selima, scheik d'une tribu d'Arabes de l'intérieur de l'Afrique, lui fut conduit venant de *Louthan* et demandant à être amputé, par un médecin français, d'une jambe fracturée. Ce sujet, âgé de 15 ou 16 ans, avait reçu vingt jours auparavant dans une rixe avec des voleurs, survenue la nuit, et à la distance de quelques pas, une balle à la jambe gauche; les deux os avaient été fracturés à leur tiers inférieur ou au-dessus des malléoles : aussitôt secouru, le blessé avait été transporté dans sa demeure, et le lendemain de l'accident un médecin indigène attaché à ce scheik (*Beni-Selman*) avait appliqué autour du membre fracturé un appareil informe qui n'avait point été renouvelé et duquel s'exhalait une odeur gangréneuse infecte, il ne put néanmoins établir un pronostic certain sur la nature de cette lésion sans l'avoir mise à découvert. M. Périer disposa tout pour enlever cette enveloppe et pratiquer ensuite l'amputation du membre s'il y avait nécessité.

» Il opéra la levée de cette espèce de bandage en coupant avec de forts ciseaux les couches épaisses de mauvais chiffons de linge et d'étoffes diverses qui le composaient; la poix-résine, le tartre et des poudres aromatiques qu'on avait déposés sur ces couches, au fur et à mesure qu'on en faisait l'application, joints aux fluides qui découlaient des plaies, donnèrent à ce bandage par l'excication successive qui s'en opéra, la consistance du carton, en sorte que le membre finit par être fortement comprimé circulairement et dans tous les points de contact de cet appareil avec la périphérie de la jambe : mais comme cette espèce d'étui cartonné ne peut agir uniformément sur toute l'étendue du membre depuis les orteils et la plante

(1) L'observation détaillée de M. Périer a été déposée sur le bureau après la lecture de cette notice.

du pied jusqu'au genou à raison de ses inégalités, la pression exercée sur le sillon transversal qui se remarque au-dessus et au-dessous des malléoles détermina nécessairement la stase des fluides dans les vaisseaux profonds des parties qui se trouvaient au-dessous de ces points étranglés; ces parties furent bientôt privées de la vie et frappées de sphacèle. En effet, à peine notre chirurgien eut-il enlevé toutes les pièces de cet appareil informe que le pied avec les deux fragments inférieurs du tibia et du péroné, se sépara spontanément de la jambe et resta dans les mains du jeune chirurgien qui assistait le docteur Périer.

» Cette portion de membre, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, s'est trouvée en quelque sorte momifiée (1); une ulcération profonde couverte d'une escharre gangréneuse s'étendait dans les parties charnues de la jambe, jusqu'au point désigné pour le lieu d'élection où l'on pratique l'amputation de ce membre. Dès le lendemain, cette opération jugée alors indispensable, fut faite dans cette ligne de démarcation, à l'hôpital militaire du Dey, où le malade avait été transporté.

» Dans l'opuscule que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, j'ai fait le parallèle de ces bandages roulés, ou circulaires, et cartonnés à l'aide de l'amidon ou autres substances emplastiques, et de l'appareil inamovible que nous avons inventé il y a plus de trente ans, et employé depuis, j'ose dire, avec un succès constant. Ainsi, je me borne aujourd'hui à communiquer à l'Académie le fait curieux de cet Arabe comme une preuve authentique et irrécusable de la vérité des principes qui font la base de mon Mémoire, et qui justifie en même temps le projet qu'on a conçu de porter dans les peuplades de l'intérieur de l'Afrique les lumières et les connaissances propres à leur civilisation. C'est en effet par de telles mesures que nous avions acquis l'estime et l'amitié des habitants de toute l'Égypte; c'est aussi, selon moi, l'un des plus puissants moyens d'obtenir une paix durable et solide des tribus armées qui entourent nos possessions en Afrique, et, sous ce rapport, la Commission scientifique qu'on a désignée pour explorer cette contrée, concourra sans doute puissamment à nous faire atteindre ce but. »

(1) Je fais présent de cette pièce pathologique curieuse et sans doute unique, au Musée d'Histoire naturelle.

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction de la lumière; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Suite de la seconde partie. (Voir les numéros précédents.)

« Suivant le langage adopté par les auteurs qui, dans la théorie de la lumière, admettent le système des ondulations, la *phase* d'un rayon simple, polarisé en ligne droite, et propagé dans un milieu transparent, n'est autre chose que l'angle variable dont le cosinus représente le rapport entre la déviation d'une molécule éthérée et l'amplitude des vibrations moléculaires (1). Quelquefois la même expression est employée dans un sens plus général, et, lorsque, dans un rayon simple, doué de la polarisation rectiligne, ou circulaire, ou elliptique, les déplacements moléculaires sont mesurés parallèlement à un axe fixe donné; on appelle encore *phase*, l'angle variable dont le cosinus entre comme facteur dans le déplacement d'une molécule, et représente le rapport de ce déplacement à la demi-amplitude des vibrations, mesurée parallèlement à l'axe fixe. Si le rayon simple cessait de se propager dans un milieu transparent, alors pour obtenir la phase, c'est-à-dire l'angle variable dont le cosinus est renfermé dans l'expression d'un déplacement moléculaire, ou plutôt ce cosinus même, il faudrait diviser le déplacement non plus seulement par la demi-amplitude des vibrations moléculaires, mais par cette demi-amplitude, et par le module du rayon simple. Cela posé, il est clair que, pour un rayon simple donné, la partie variable de la phase, représentée par une fonction linéaire du temps et des coordonnées sans terme constant, sera ce que nous avons appelé l'*argument* du rayon simple, par conséquent une quantité indépendante de la direction de l'axe fixe que l'on considère. Mais la phase elle-même, équivalente à

(1) D'après cette définition, pour obtenir à un instant donné la phase du rayon simple en un point donné, par conséquent la phase correspondante à une molécule donnée, il suffira de construire une circonférence de cercle qui ait pour diamètre l'amplitude des vibrations exécutées par cette molécule, et de chercher l'angle que forme la moitié de ce diamètre, située du côté où l'on mesure les déviations positives, avec le rayon dont l'extrémité se projette sur le même diamètre dans le point où se trouve le molécule à l'instant que l'on considère; en d'autres termes, il suffira de chercher la *distance angulaire* de la molécule donnée à un point matériel qui se mouvrait sur la circonférence dont il s'agit avec une vitesse constante, et dont la projection sur le diamètre coïnciderait avec la molécule elle-même.

la somme qu'on obtient, quand à l'argument du rayon simple on ajoute le paramètre angulaire, dépendra généralement, ainsi que ce paramètre, de la direction de l'axe fixe, et n'en deviendra indépendante que dans le cas où ce rayon serait polarisé rectilignement. Comme le cosinus d'un angle ne se trouve point altéré quand on fait croître ou diminuer cet angle d'une quantité équivalente à un multiple du nombre 2π, un paramètre angulaire, aussi bien qu'une phase, pourra toujours être sans inconvénient augmenté ou diminué d'un semblable multiple, et pourra se réduire en conséquence à un angle renfermé entre les limites $-\pi$, $+\pi$. Si un rayon simple quelconque, propagé dans un milieu isophane et transparent, est considéré comme résultant de la superposition de deux autres rayons polarisés, l'un suivant un plan fixe, l'autre perpendiculairement à ce plan, les deux rayons composants offriront en général deux phases distinctes. La différence de ces deux phases a été désignée elle-même par quelques auteurs sous le nom de phase, mais pour éviter toute équivoque, nous l'appellerons l'*anomalie* du rayon résultant. Cette anomalie, comme chacune des phases, peut être sans inconvénient augmentée ou diminuée d'un multiple du nombre 2π; et par suite elle peut être réduite à zéro ou au nombre π, lorsque le rayon résultant est polarisé rectilignement; à $\frac{1}{2}\pi$, ou à $-\frac{1}{2}\pi$, c'est-à-dire à un angle droit, abstraction faite du signe, lorsque ce rayon est doué de la polarisation circulaire; mais lorsqu'il est polarisé elliptiquement, elle varie avec la direction du plan fixe que l'on considère. Concevons d'ailleurs que, dans chacun des deux rayons composants, on nomme nœuds de première espèce ceux qui précèdent des molécules dont les déplacements sont représentés par des quantités positives. Alors le rapport de l'anomalie à la caractéristique représentera, au signe près, la distance entre un nœud de l'un des rayons composants et un nœud de même espèce de l'autre; et faire croître ou diminuer l'anomalie d'un multiple de 2π, ce sera faire croître ou diminuer cette distance d'une ou de plusieurs épaisseurs d'ondes; ce qui revient à remplacer, pour l'un des deux rayons composants, un nœud d'espèce donnée par un autre nœud de même espèce. Alors aussi, quand le rayon résultant sera polarisé en ligne droite, l'anomalie pourra être réduite à zéro ou au nombre π, suivant qu'un nœud donné de l'un des rayons composants viendra se placer sur un nœud de même espèce, ou sur un nœud d'espèce différente, appartenant à l'autre.

» On appelle souvent *azimut* l'angle formé par un plan variable avec un plan fixe, par exemple, en astronomie, l'angle formé avec le méridien

d'un lieu par le plan d'un cercle vertical; et l'on se sert de la même expression dans la théorie de la lumière quand on se propose d'indiquer, pour un rayon incident, réfléchi ou réfracté, la position du plan de polarisation à l'égard du plan d'incidence. Nous conformant encore sur ce point à l'usage établi, lorsqu'un rayon simple, propagé dans un milieu isophane et transparent, sera polarisé en ligne droite, nous appellerons *azimut de ce rayon* l'angle aigu formé par le plan qui le renferme avec un plan fixe, par exemple, avec le plan d'incidence, de réflexion ou de réfraction, s'il s'agit d'un rayon incident, réfléchi ou réfracté; et pareillement nous appellerons *azimut du plan de polarisation* l'angle aigu formé par ce dernier plan avec le plan fixe (1). Si d'ailleurs le plan fixe passe, comme nous le supposerons généralement, par la direction du rayon simple, et si ce rayon est considéré comme résultant de la superposition de deux autres polarisés l'un suivant le plan fixe, l'autre perpendiculairement à ce plan, l'azimut du rayon résultant et l'azimut de son plan de polarisation seront simplement les deux angles complémentaires l'un de l'autre qui auront pour tangentes trigonométriques les rapports direct et inverse des amplitudes des vibrations moléculaires dans les deux rayons composants. Si le rayon simple donné cessait d'être polarisé rectilignement, rien n'empêcherait d'appeler encore *azimut de ce rayon* l'azimut qu'on obtiendrait dans le cas où, après l'avoir décomposé en deux rayons partiels polarisés l'un suivant le plan fixe, l'autre perpendiculairement à ce plan, on parviendrait, comme on peut le faire à l'aide de certains procédés que nous indiquerons plus tard, à replacer les nœuds de l'un des rayons composants sur les nœuds de l'autre, sans changer les amplitudes. Ainsi défini, l'azimut d'un rayon simple sera toujours l'angle qui a pour tangente trigonométrique le rapport entre les amplitudes des vibrations moléculaires du rayon composant, polarisé suivant le plan fixe, et du rayon polarisé perpendiculairement à ce plan. Cela posé, lorsque le rayon résultant sera doué de la polarisation circulaire, son azimut sera de 45 degrés (ancienne division), quelle que soit d'ailleurs la direction du plan fixe auquel il se rapporte. Mais si le rayon résultant est doué de la polarisation elliptique, l'azimut dépendra de la po-

---

(1) L'*azimut*, en Astronomie, est un angle tantôt aigu, tantôt obtus. Mais, dans la théorie de la lumière, il paraît utile, pour éviter tout embarras, de réduire l'azimut d'un rayon simple et de son plan de polarisation à des angles aigus et positifs, tels que sont les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction.

sition du plan fixe, et changera de valeur avec cette position en même temps que l'anomalie.

» Les conventions que nous venons d'admettre fournissent le moyen de simplifier les énoncés de plusieurs propositions ci-dessus établies. Ainsi, en particulier, si un rayon simple, réfléchi ou réfracté par la surface de séparation de deux milieux isophanes, se propage sans s'affaiblir, les effets de la réflexion ou de la réfraction pourront s'énoncer comme il suit : 1° *la tangente et la cotangente de l'azimut*, relatif au plan d'incidence, *varieront proportionnellement aux rapports direct et inverse entre les modules de réflexion ou de réfraction des rayons composants qui seraient polarisés l'un suivant le plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan;* 2° *l'anomalie sera augmentée d'un angle égal, au signe près, à la différence entre leurs arguments de réflexion ou de réfraction.*

» Parmi les diverses valeurs que peuvent acquérir l'anomalie et l'azimut d'un rayon réfléchi ou réfracté sous une incidence donnée, on doit surtout distinguer ce que nous appellerons spécialement l'*anomalie* et l'*azimut de réflexion ou de réfraction*, savoir l'anomalie et l'azimut qu'on obtient pour le rayon réfléchi ou réfracté, quand le rayon incident est un rayon plan, polarisé à 45 degrés du plan d'incidence, de telle sorte que son azimut soit la moitié d'un angle droit. Comme dans ce cas particulier, l'anomalie du rayon incident peut être censée se réduire à zéro, et la tangente de son azimut à l'unité, on conclura immédiatement de la proposition ci-dessus exprimée : 1° que l'*azimut de réflexion ou de réfraction a pour tangente et cotangente le rapport direct et le rapport inverse des modules de réflexion ou de réfraction correspondants à deux rayons incidents qui seraient polarisés, l'un suivant le plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan;* 2° *que l'anomalie de réflexion ou de réfraction est égale, au signe près, à la différence entre les arguments de réflexion ou de réfraction relatifs à ces mêmes rayons.*

» De cette dernière proposition, jointe à la précédente, on déduit immédiatement celle que nous allons énoncer.

» Lorsqu'un rayon polarisé elliptiquement, ou circulairement, ou rectilignement, après avoir été réfléchi ou réfracté par la surface de séparation de deux milieux isophanes, se propage sans s'affaiblir, 1° l'*azimut du rayon réfléchi ou réfracté est le produit qu'on obtient quand on multiplie la tangente de l'azimut du rayon incident par la tangente de l'azimut de réflexion ou de réfraction;* 2° l'*anomalie du rayon réfléchi*

ou réfracté est la somme qu'on obtient quand on ajoute à l'anomalie du rayon incident l'anomalie de réflexion ou de réfraction.

» Il est maintenant facile de prévoir ce qui arrivera, si un rayon simple, après avoir été réfléchi ou réfracté plusieurs fois de suite par des surfaces dont chacune sépare l'un de l'autre deux milieux isophanes, se propage sans s'affaiblir. En effet, concevons d'abord que les divers plans de réflexion et de réfraction coïncident avec le premier plan d'incidence. Dans ce cas, les deux rayons partiels, dont la superposition pourra être censée produire le rayon incident, et qui seront polarisés, l'un suivant le premier plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan, se trouveront toujours réfléchis et réfractés indépendamment l'un de l'autre. Or, à chaque réflexion ou réfraction nouvelle, la tangente de l'azimut du rayon déjà obtenu variera proportionnellement à la tangente de l'azimut de réflexion ou de réfraction, tandis que l'anomalie de réflexion ou de réfraction viendra s'ajouter à l'anomalie de ce même rayon. Donc, en définitive, l'*azimut du dernier rayon réfléchi ou réfracté aura pour tangente trigonométrique le produit qu'on obtient en multipliant la tangente de l'azimut du rayon incident par les tangentes de tous les azimuts de réflexion ou de réfraction; et d'autre part l'anomalie du dernier rayon réfléchi ou réfracté sera la somme qu'on obtient en ajoutant à l'anomalie du rayon incident toutes les anomalies de réflexion ou de réfraction.* Si le rayon simple donné est plusieurs fois réfléchi ou réfracté sous la même incidence, il y aura égalité entre les divers azimuts de réflexion ou de réfraction, par conséquent entre leurs tangentes trigonométriques, aussi bien qu'entre les diverses anomalies de réflexion ou de réfraction. Donc alors *les valeurs successivement acquises par la tangente de l'azimut du rayon simple formeront une progression géométrique, tandis que les valeurs successivement acquises par son anomalie formeront une progression arithmétique.* Enfin, si le rayon incident est un rayon plan et polarisé à 45 degrés du plan d'incidence, la progression arithmétique aura zéro pour premier terme, tandis que la progression géométrique aura pour premier terme l'unité; de sorte que les anomalies des divers rayons seront proportionnelles aux logarithmes des tangentes des azimuts correspondants, et pourront même leur devenir égales, si l'on choisit convenablement la base du système de logarithmes.

» Lorsque la somme des anomalies de réflexion ou de réfraction sera, au signe près, un multiple de la demi-circonférence, c'est-à-dire du

nombre π, le rayon incident et le dernier rayon réfléchi ou réfracté pourront être censés offrir ou la même anomalie, ou deux anomalies dont la différence sera le nombre π, suivant que le multiple en question sera le produit de la demi-circonférence par un nombre pair ou par un nombre impair. Dans les deux cas, si le rayon incident est polarisé en ligne droite, on pourra en dire autant du dernier rayon réfléchi ou réfracté. Seulement les deux plans de polarisation seront situés, par rapport au plan d'incidence, de deux côtés opposés dans le premier cas, et du même côté dans le second. Tel sera en particulier l'effet de plusieurs réflexions ou de plusieurs réfractions effectuées sous la même incidence, si cette incidence est telle que le rapport entre l'anomalie principale correspondante et la demi-circonférence se trouve représenté, au signe près, par une fraction rationnelle, et si d'ailleurs le nombre des réflexions ou réfractions successives se réduit au dénominateur n de cette fraction ou à un multiple de n. Alors le plan de polarisation du dernier rayon réfléchi ou réfracté se trouvera situé, par rapport au plan d'incidence, du même côté que le plan de polarisation du rayon incident, ou du côté opposé, suivant que le nombre des réflexions sera équivalent à l'un des nombres

$$2n,\ 4n,\ 6n,\ \text{etc.},$$

ou à l'un des nombres

$$n,\ 3n,\ 5n,\ \text{etc.}$$

» Lorsque, le rayon incident étant polarisé rectilignement, et réfléchi ou réfracté plusieurs fois de suite, la somme des anomalies de réflexions ou de réfraction surpasse d'un angle droit un multiple du nombre π; l'anomalie du dernier rayon réfléchi ou réfracté peut être réduite à $-\frac{1}{2}\pi$, ou à $+\frac{1}{2}\pi$, par conséquent à celle d'un rayon polarisé circulairement. Mais alors, pour que le dernier rayon réfléchi ou réfracté offre effectivement la polarisation circulaire, il est nécessaire que son azimut soit équivalent à la moitié d'un angle droit, et la tangente de cet azimut à l'unité. C'est ce qui arrivera, si, en faisant tourner le rayon incident sur lui-même, on amène son plan de polarisation dans une position telle que *la cotangente de l'azimut d'incidence soit équivalente au produit des tangentes de tous les azimuts de réflexion ou de réfraction.* D'après cette règle, le rayon incident devra être polarisé à 45 degrés du plan d'incidence, si chaque azimut de réflexion ou de réfraction se réduit à 45 degrés; ce qui a lieu, par exemple, dans toute réflexion opérée par une surface intérieure d'un

prisme ou d'une plaque de verre, sous une incidence plus grande que l'angle de réflexion totale. Ajoutons que la somme des anomalies de réflexion ou de réfraction surpassera d'un angle droit, conformément à l'hypothèse admise, un multiple du nombre π, si plusieurs réflexions ou réfractions successives s'effectuent sous une même incidence tellement choisie que le rapport entre l'anomalie de réflexion ou de réfraction, et la demi-circonférence se trouve représenté, au signe près, par une fraction rationnelle de dénominateur pair, et si d'ailleurs le nombre des réflexions ou réfractions se réduit à la moitié n du dénominateur $2n$ de cette fraction, ou à un multiple impair de n. Si, les autres données restant les mêmes, le nombre des réflexions ou réfractions successives devenait un multiple impair de n, le dernier rayon réfléchi ou réfracté aurait pour anomalie non plus $-\frac{1}{2}\pi$ ou $+\frac{1}{2}\pi$, mais o ou π, et serait en conséquence un rayon polarisé rectilignement.

» Observons encore que *toute série de réflexions ou de réfractions, propre à transformer un rayon plan en un rayon polarisé circulairement, ou du moins en un rayon dont l'anomalie puisse être réduite à* $-\frac{1}{2}\pi$ *ou à* $+\frac{1}{2}\pi$, *transformera au contraire un rayon incident dont l'anomalie serait* $-\frac{1}{2}\pi$ *ou* $+\frac{1}{2}\pi$, *en un rayon plan.* Pareillement, *toute série de réflexions ou de réfractions, propre à transformer un rayon plan en un rayon dont l'anomalie serait un angle donné, transformera au contraire un rayon incident dont l'anomalie serait ou cet angle pris en signe contraire, ou le supplément de cet angle, en un rayon doué de la polarisation rectiligne.* D'ailleurs, l'azimut de ce dernier rayon sera le même que celui du rayon incident, si chaque azimut de réflexion ou de réfraction est de 45 degrés, comme il arrive quand chaque réflexion est opérée par une surface intérieure d'un prisme ou d'une plaque de verre sous une incidence plus grande que l'angle de réflexion totale. Donc alors, le dernier rayon réfléchi ou réfracté sera précisément ce que deviendrait le rayon incident, si, après l'avoir décomposé en deux rayons partiels, polarisés l'un suivant le plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan, on parvenait à replacer tout-à-coup les nœuds de l'un des rayons composants sur les nœuds de l'autre, sans changer les amplitudes des vibrations moléculaires.

» Lorsque chaque azimut de réflexion ou de réfraction est non pas égal, mais supérieur à l'unité, alors, si le nombre des réflexions ou des réfractions devient de plus en plus considérable, les azimuts des rayons successivement obtenus croîtront sans cesse et indéfiniment, de sorte qu'*après*

un grand nombre de réflexions ou de réfractions, le dernier rayon réfléchi ou réfracté sera sensiblement polarisé dans le plan d'incidence.

» Afin d'établir, dans le langage, une distinction entre les points situés de part et d'autre d'un plan d'incidence, nous concevrons qu'un spectateur, ayant les pieds posés sur la surface réfléchissante ou réfringente, et s'appuyant dans le premier milieu contre la normale à cette surface, regarde le rayon réfléchi. Les points situés à la droite ou à la gauche de ce spectateur, sont précisément ceux que nous dirons situés *à droite* ou *à gauche du plan d'incidence*. Nous dirons encore que l'azimut d'un rayon polarisé en ligne droite se compte à droite ou à gauche de ce plan, suivant que le plan du rayon passera, dans le premier milieu, à la droite ou à la gauche du plan d'incidence. Enfin, nous prendrons zéro pour l'anomalie d'un rayon doué de la polarisation rectiligne, et dont l'azimut se compterait à droite du plan d'incidence; d'où il résulte que l'anomalie d'un rayon doué de la polarisation rectiligne, mais dont l'azimut se compterait à gauche du plan d'incidence, sera réductible au nombre π. Quant à l'azimut d'un rayon dont la polarisation ne serait pas rectiligne, mais circulaire ou elliptique, rien ne détermine le sens dans lequel il devra se compter à partir du plan d'incidence. Car, après avoir décomposé ce rayon en deux autres, polarisés l'un suivant le plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan, on peut concevoir qu'un nœud de l'un des rayons composants soit replacé sur un nœud de même espèce de l'autre, ou sur un nœud d'espèce différente, sans que les amplitudes soient altérées; et, dans les deux cas, le nouveau rayon résultant, qui sera doué de la polarisation rectiligne, offrira le même azimut, compté tantôt à droite, tantôt à gauche du plan d'incidence. »

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlore sur les éthers; par* **M. MALAGUTI.** — Extrait par l'auteur.

« Une partie des résultats auxquels je suis parvenu, en étudiant l'action du chlore sur les éthers, est déjà connue de l'Académie; en lui en présentant aujourd'hui de nouveaux, je passerai rapidement en revue l'ensemble des faits que j'ai observés, et j'exposerai les conséquences que j'ai cru pouvoir en tirer.

» Par l'action directe du chlore sur l'éther sulfurique, j'ai obtenu un

liquide que j'appelle *éther chloruré* ($C^8H^6OCh^4$), qui par sa composition représente de l'éther sulfurique, dans lequel 4 atomes d'hydrogène ont été remplacés par 4 atomes de chlore. Plusieurs phénomènes rendent presque évident, que la substitution du chlore à l'hydrogène s'est effectuée graduellement, et qu'il s'est formé un corps que j'appelle *éther émichloruré*, qui ne diffère de l'éther chloruré que par 2 atomes de moins de chlore, et 2 atomes de plus d'hydrogène ($C^8H^8OCh^2$).

» L'éther chloruré soumis à des influences oxigénantes, change son chlore contre des quantités équivalentes d'oxigène, et se transforme en acide acétique ($C^8H^6O^3$). Si au lieu d'influences oxigénantes, on soumet l'éther chloruré à des influences sulfurantes, la moitié du chlore sera remplacée par une quantité équivalente de soufre, et l'on aura l'éther chlorosulfuré ($C^8H^6OCh^2S$); ou bien le chlore sera complétement chassé, et l'on aura l'éther sulfuré ($C^8H^6OS^2$). Ces deux corps, doués de formes cristallines, diffèrent l'un de l'autre, en ce que le premier représente de l'éther sulfurique, dont 4 atomes d'hydrogène ont été remplacés par 2 atomes de chlore et 1 atome de soufre, tandis que l'autre représente de l'éther sulfurique, dont 4 atomes d'hydrogène ont été remplacés par 2 atomes de soufre. Ces deux corps, soumis à l'action des alcalis, se décomposent et donnent naissance à de l'acide acétique.

» L'éther chloruré traité par le potassium, se décompose, abandonne la moitié de son chlore au potassium, et se transforme en un gaz que j'appelle *éther sous-chloruré* ($C^8H^6OCl^2$), dont la composition ne diffère de celle de l'éther chloruré que par 2 atomes de chlore de moins.

» Voilà quatre corps dérivés de l'éther sulfurique, dont ils ne diffèrent que par 2 atomes ou 4 atomes d'hydrogène, remplacés par des équivalents d'autres corps.

» En passant aux composés considérés comme des sels à base d'éther sulfurique, on verra que le chlore n'a d'autre action que de se substituer à 4 atomes d'hydrogène dans la base, l'acide pouvant, ou ne pouvant pas être attaqué, suivant sa nature. Ainsi, on voit les acides des éthers acétique, formique, camphorique, n'être point attaqués, tandis que les acides des éthers œnanthique et benzoïque sont attaqués chacun d'une manière particulière. Après l'action du chlore, on trouve dans l'éther œnanthique 8 atomes de moins d'hydrogène, et 8 atomes de plus de chlore, savoir, quatre dans la base, et quatre dans l'acide ($C^{28}H^{24}O^3Cl^4 + C^8H^6OCl^4$).

» L'éther benzoïque contiendra 6 atomes de chlore, qui auront remplacé 4 atomes d'hydrogène dans la base, et 1 atome d'oxigène dans

l'acide, formant ainsi un corps très curieux qu'on peut considérer, pour la composition et les réactions, comme un composé de 1 atome de chlorure de benzoïle, et de 1 atome d'éther chloruré ($C^{28} H^{10} O^{2} Ch^{2} + C^{8} H^{6} O Ch^{4}$.)

» Les éthers mucique, citrique, pyro-citrique, pyro-tartrique et oxalique, constituent un groupe d'éthers indifférents, ou très peu sensibles à l'action du chlore.

» En général, c'est toujours d'une manière constante que les éthers composés se comportent avec le chlore; ils changent 4 atomes d'hydrogène de leur base contre 4 atomes de chlore. Traités par les alcalis, ils donnent toujours de l'acide acétique.

» L'éther chloro-pyromucique, corps que j'ai eu l'honneur de faire connaître à l'Académie, il y a deux ans, a été l'objet d'une nouvelle étude de ma part.

» J'ai vérifié que l'éther pyromucique est indifférent à l'action prolongée du chlore, et il se range à côté des éthers pyro-citrique, pyrotartrique, citrique, etc., etc.

» Par un examen attentif des produits de l'action de la potasse sur l'éther chloro-pyromucique, je suis parvenu à constater l'existence d'un acide chloruré, qui, par cela même qu'il contient du chlore, ne peut pas être de l'acide pyruvique.

» On pouvait prévoir que les composés d'éther méthylique se comporteraient d'une manière analogue à celle des composés d'éther sulfurique. L'expérience a confirmé en partie ces prévisions. En partie, dis-je, car si les résultats de l'action du chlore sur les sels méthyliques ne sont pas toujours comparables aux résultats de l'action du chlore sur les sels d'éther sulfurique, néanmoins, on ne peut les expliquer qu'en admettant, comme action principale, la substitution de 4 atomes de chlore à 4 atomes d'hydrogène. Ainsi, l'acétate de méthylène se comporte comme l'éther acétique : celui-ci, décomposé par la potasse, ne donne que de l'acide acétique et du chlorure potassique; l'autre, dans les mêmes circonstances, donne de l'acide acétique, de l'acide formique et du chlorure potassique.

» Le benzoate de méthylène ne donne que du chlorure de benzoïle, tandis que l'éther benzoïque donne aussi du chlorure de benzoïle, mais de plus, il donne un composé de chlorure de benzoïle et d'éther chloruré. Mais l'examen des phénomènes qui accompagnent la transformation du benzoate de méthylène en chlorure de benzoïle, ne laisse pas de

doutes sur la formation d'un corps correspondant à l'éther chloruré, corps qu'on n'a pu isoler, ou qui a été en grande partie détruit. Enfin, l'oxalate de méthylène, qui par le chlore se transforme en un liquide, lequel se décompose, en présence de l'eau, en acide oxalique, acide hydro-chlorique, et oxide de carbone, présente, il est vrai, une manière de décomposition toute exceptionnelle, mais qui ne s'oppose pas à l'hypothèse de la substitution de 4 atomes de chlore à 4 atomes d'hydrogène de la base.

» Ce phénomène étant pour ainsi dire caractéristique des éthers, je l'ai cherché dans le formo-méthylal découvert par M. Gregory. Ce corps, d'après sa composition, avait été considéré comme un formiate tribasique méthylique. J'ai déjà eu l'honneur d'annoncer à l'Académie que le formo-méthylal n'était qu'un mélange de formiate de méthylène, et d'un corps particulier que j'ai appelé méthylal, dont j'ai établi la composition par l'analyse directe et par la densité de sa vapeur. Je ne saurais comparer le méthylal à un véritable éther, car, par l'action du chlore, il se change en grande partie en sesquichlorure de carbone, et la substitution du chlore à l'hydrogène s'effectue dans un rapport différent de celui qu'on trouve constamment dans les véritables éthers.

» Tous ces faits me paraissent trouver une explication simple et facile dans l'hypothèse que 4 at. d'hydrogène dans l'alcool se trouvent disposés d'une manière différente de celle des autres atomes du même élément.

» En général, les chimistes regardent l'alcool comme un hydrate d'éther ($C^8H^{10}O, H^2O$). Si dans la formule on considère à part les 4 atomes d'hydrogène que nous avons supposés dans un état particulier, on aura pour celui-ci un hydrure d'un radical (C^8H^6O, H^4), et pour l'alcool un hydrate du même hydrure (C^8H^6O, H^4, H^2O). Cela admis, j'espère en peu de mots faire saisir la liaison qui existe entre les phénomènes qui accompagnent l'action des différents agents sur l'alcool et l'éther.

» Qu'on enlève par l'oxigène dans l'alcool les 4 at. d'hydrogène de l'hydrure, on aura l'aldhéyde (C^8H^6O, H^2O); ou bien, un hydrate d'un radical, que nous continuerons d'appeler Aldhéyde. Si l'on remplace par de l'oxigène la moitié ou la totalité de l'hydrogène enlevé, on aura l'acide aldhéydique (C^8H^6O, O, H^2O), ou l'acide acétique (C^8H^6O, O^2, H^2O).

» Si le chlore agit sur l'alcool à la place de l'oxigène, il enlèvera l'hydrogène de l'hydrure sans le remplacer; car, d'après les données de l'expérience, l'eau d'hydrate s'opposera à sa fixation, l'éther chloruré étant décomposé par l'eau. Le chlore ne pouvant remplacer l'hydrogène hydru-

rant, portera son action sur l'hydrogène du radical, le remplacera entièrement, en produisant le chloral ($C^8H^6O + H^2O$).

» Si l'on fait agir l'oxigène, ou le chlore sur l'éther (C^8H^6O, H^4), il y aura substitution de l'hydrogène hydrurant, car le radical ne trouvera pas, comme dans l'alcool, les éléments de l'eau, pour satisfaire son affinité. On aura par conséquent de l'acide acétique (C^8H^6O, O^2), ou bien, on aura du chlorure d'Aldhéyde (C^8H^6O, Ch^4), si l'action a été complète, ou du chloro-hydrure d'Aldhéyde, si l'action a été incomplète (C^8H^6O, H^2Ch^2).

» Si le chlorure d'Aldhéyde est attaqué par le potassium, la moitié du chlore sera enlevée, et l'on aura le sous-chlorure d'Aldhéyde (C^8H^6O), Ch^2.

» Si le chlorure d'Aldhéyde est attaqué par un corps sulfurant, ou le chlore sera remplacé par moitié, on aura le chloro-sulfure d'Aldhéyde C^8H^6O, Ch^2S; ou bien, le chlore sera remplacé complétement, on aura le sulfure d'Aldhéyde (C^8H^6O, S^2).

» Si, au lieu d'oxigène et de chlore, on fait agir sur l'hydrure d'Aldhéyde du chloride de platine, l'hydrogène hydrurant sera remplacé par des équivalents de chlorure de platine (C^8H^6O, 2 $Pl\,Ch^2$), et l'on aura les sels éthérés de M. Zeise (1).

» Les hydracides, en agissant sur l'hydrure d'Aldhéyde, comme ils ne peuvent pas quitter de l'hydrogène pour de l'hydrogène, portent leur action sur l'oxigène du radical, et l'on aura les éthers halogènes, qui représenteront de l'hydrure d'Aldhéyde, dont l'oxigène aura été remplacé par du chlore, ou iode, etc., etc. ($C^8H^6Ch^2, H^4$). Par conséquent, ces corps ne pourront céder leur élément halogène au potassium sans se décomposer.

» Enfin, les éthers composés ordinaires, et les éthers composés chlorurés, ne sont que des combinaisons d'acides anhydres avec de l'hydrure ou du chlorure d'Aldhéyde.

C^8H^8O, H^4, H^2O	= Alcool................	Hydrate d'hydrure d'Aldhéyde.
C^8H^6O, H^2O....	= Aldhéyde.............	Hydrate d'Aldhéyde.
C^8H^6O, O, H^2O.	= Acide aldhéydique......	
C^8H^6O, O^2, H^2O.	= Acide acétique hydraté...	
C^8Ch^6O, H^2O...	= Chloral................	

(1) La composition calculée des sels éthérés de M. Zeise, d'après cette hypothèse, diffère de celle trouvée par l'expérience. Mais la différence n'est pas assez considérable (surtout pour des matières si difficiles à purifier) pour ne pas admettre mon hypothèse comme probable.

C^8H^6O, H^4	=	Éther sulfurique	=	Hydrure d'Aldhéyde.
C^8H^6O, H^2Ch^2 ..	=	Éther émichloruré	=	Chloro-hydrure d'Aldhéyde.
C^8H^6O, Ch^4	=	Éther chloruré	=	Chlorure d'Aldhéyde.
C^8H^6O, Ch^2	=	Éther sous-chloruré	=	Sous-chlorure d'Aldhéyde.
C^8H^6O, Ch^2S	=	Éther chloro sulfuré. . ..	=	Chloro-sulfure d'Aldhéyde.
C^8H^6O, S^2	=	Éther sulfuré		Sulfure d'Aldhéyde.
$C^8H^6O, 2PlCh^2$.	=	Sels éthérés de M. Zeise..		Chloro-platinate d'Aldhéyde.
$C^8H^6Ch^2, H^4$	=	Éthers halogènes		
$C^8H^6O, H^4, \overline{\Delta}$ ..	=	Éthers composés		Sels d'hydrure d'Aldhéyde.
$C^8H^6O, Ch^4, \overline{\Delta}$.	=	Éthers composés chlorurés		Sels de chlorure d'Aldhéyde.

» Par cette exposition, on voit qu'au lieu d'une multitude de transformations, le radical reste toujours dans son intégrité, constance qui rend l'hypothèse que je me suis permis d'émettre, d'un emploi très facile et très commode pour l'interprétation d'une grande série des phénomènes. »

Développement du pollen dans le Gui; changements que présentent ses ovules et ceux du Thesium; par M. **Decaisne**.

(Commissaires, MM. de Mirbel, de Jussieu, Ad. Brongniart.)

L'auteur donne en ces termes le résumé de son travail :

§ I. *Des fleurs mâles du Gui.*

« L'anthère est soudée au lobe calicinal dès la formation de la fleur.

» La forme des utricules qui composent le calice et l'anthère ne présente aucune différence, mais celles du calice renferment de la matière verte, tandis que celles de l'anthère sont incolores.

» Cinq mois environ avant l'épanouissement des fleurs, on voit le tissu de l'anthère, d'abord homogène, se partager en petites logettes dont les cloisons sont colorées en vert.

» Plus tard ces logettes se creusent; le tissu dont elles étaient remplies disparaît pour faire place à des utricules d'un très grand diamètre relativement à toutes celles du végétal; ces utricules, qui sont les utricules polliniques, renferment un ou deux *nucleus* entremêlés de nombreux granules d'une extrême ténuité; ces *nucleus* sont les ébauches des grains de pollen.

» Plus tard encore ces utricules, primitivement transparentes, s'épaississent, deviennent opalines et présentent des couches concentriques plus ou moins régulières sur leur contour; cet épaississement par couches successives, quoique n'ayant pas encore été signalé, me semble général;

je l'ai constaté sur un grand nombre de plantes appartenant à des familles très différentes.

» A cette époque chacune des utricules renferme quatre *nucleus* jaunâtres, plus ou moins arrondis, ayant un point lumineux au centre.

» Peu après, la substance qui contribue à l'épaississement des utricules polliniques, s'interpose entre chacun des quatre *nucleus* qu'elles renferment, et leur forme autant de petites cavités distinctes.

» Plus tard encore, ces mêmes utricules disparaissent complétement, et laissent libres, au milieu de chacune des logettes de l'anthère, les grains de pollen qu'elles renfermaient; quelques-uns de ces derniers présentent déjà leur membrane externe couverte de très petites papilles; leur cavité est occupée par un *nucleus* et de nombreux granules; à l'époque de leur maturité on reconnaît facilement la présence des deux membranes qui constituent leur enveloppe, mais le *nucleus* a disparu.

» Les anthères ne présentent aucune des utricules réticulées qu'on observe dans celles de la plupart des autres végétaux.

§ II. *Des fleurs femelles.*

» L'ovaire, ainsi que nous l'avons vu pour l'anthère, est soudé au calice dès l'apparition des fleurs.

» Il se compose d'une masse utriculaire verte, homogène, dans laquelle on ne distingue aucune cavité.

» Quelque temps avant l'épanouissement des fleurs on voit deux très petites lacunes se former à la circonférence de l'ovaire et au milieu du tissu utriculaire; après la fécondation ces lacunes s'agrandissent et constituent, en se rejoignant, la cavité de l'endocarpe; celui-ci n'existant pas avant l'anthère, il en résulte que l'ovule se forme après la fécondation.

» Les fleurs du Gui s'épanouissent au mois de mars ou d'avril, tandis que l'ovule ne s'aperçoit qu'à la fin de mai ou au commencement de juin.

» A cette époque c'est un mamelon pulpeux fixé à la base de l'endocarpe; il est accompagné assez ordinairement par deux filaments extrêmement délicats qui sont les rudiments des deux ovules avortés.

» N'ayant jamais pu constater la présence des membranes tégumentaires primine, secondine, j'en conclus que l'ovule est réduit à son état le plus simple d'organisation, celui du nucelle.

» La forme conique de celui-ci, les différents degrés d'avortement des ovules qui accompagnent ordinairement le seul qui est fécondé, viennent à l'appui de cette hypothèse.

» Lorsque les graines renferment plus d'un embryon, ce phénomène est dû à la soudure et au développement de l'un ou des deux ovules qui ordinairement avortent.

» Au moment où l'on commence à apercevoir les premiers indices de l'embryon, le nucelle, primitivement arrondi, se déprime légèrement au sommet.

» L'enveloppe vasculaire verte qui est appliquée sur la graine à sa maturité, fait partie du fruit; c'est l'endocarpe. La substance blanche et visqueuse est formée par le sarcocarpe.

§ III. *De l'ovule du Thesium.*

» On sait que dans le Thesium les ovules sont portés, au nombre de trois, au sommet d'une colonne plus ou moins droite qui part de la base de l'endocarpe; ces ovules se présentent sous la forme de petits corps arrondis, déprimés à leur partie libre; j'ai cru y reconnaître la présence des membranes tégumentaires.

» Si l'on examine ces ovules peu de temps après la fécondation, et lorsque les fleurs commencent à se flétrir, on voit sortir de l'un d'eux, un tube qui se redresse et va se mettre en rapport avec un autre tube beaucoup plus fin qui descend, dans la cavité de l'ovaire, par la base du style.

» Immédiatement après ce contact, le tube qui sort de l'ovule se gonfle, prend la forme d'une petite vessie, qui se remplit d'utricules à la partie inférieure; cette vésicule est le sac embryonnaire, au sommet duquel on distingue une autre vésicule arrondie, transparente, dans laquelle se forme l'embryon.

» Le sac embryonnaire se forme donc en dehors de l'ovule, et la graine est réellement dépourvue de téguments, quoique l'ovule en paraisse muni.

» En même temps que ces phénomènes se passent dans l'ovule, on remarque dans la moitié supérieure de la colonne, des changements tout aussi extraordinaires : un tube simple, digité inférieurement, renflé au sommet, se manifeste; il perce la colonne, au milieu de laquelle il est renfermé, vers le point d'insertion de l'ovule fécondé et vient s'appliquer, par son extrémité renflée en forme de matras, sur un des points du sac embryonnaire voisin de l'embryon.

» Ce tube, dont l'existence n'a encore été signalée dans aucun végétal,

me paraît, à cause de la singulière structure de l'ovule, remplir les fonctions de vaisseau nourricier et remplacer la chalaze.

§ IV. *De la structure ligneuse du Gui.*

» M. Dutrochet admet que chacun des mérithalles de cette singulière plante s'accroît indépendamment des autres, et que le système ligneux de chacun d'eux est séparé par une couche de tissu utriculaire médullaire, que les mérithalles sont seulement contenus par l'écorce.

» D'après mes observations, les faisceaux corticaux du Gui ne s'étendraient pas d'un mérithalle à l'autre, et la désarticulation des rameaux de cette plante doit être attribuée à cette circonstance et non à la séparation des faisceaux ligneux au point de jonction de chacun des rameaux, entre lesquels je n'ai pu reconnaître la couche de tissu utriculaire médullaire signalée par M. Dutrochet.

» Le bois du Gui est dépourvu de vaisseaux, et je n'ai pu constater la présence de tubes annelés que vers la moelle ; les nervures des feuilles sont également dépourvues de trachées ou vaisseaux à tours de spires contigus et déroulables.

» Le nombre des faisceaux ligneux paraît constant dans les jeunes rameaux du Gui, il est de 8, rarement de 7 ou de 9 : dans ce cas, il faut attribuer ces différences à la soudure ou au dédoublement de l'un des faisceaux ligneux.

» Chacun de ces faisceaux est accompagné intérieurement et extérieurement par un paquet de fibres de même nature et présentant tous les caractères du liber. »

EMBRYOGÉNIE. — *Recherches sur le développement et la signification du système génital des vertébrés; par* M. Coste. — (2e Mémoire.)

(Commissaires, MM. de Blainville, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, Audouin.)

Le temps n'a pas permis de lire au-delà de l'introduction, dans laquelle l'auteur s'attache à réfuter une opinion soutenue par quelques anatomistes, savoir, qu'à une époque de la vie fœtale, l'embryon des vertébrés n'a point encore de sexe déterminé, et que des circonstances en quelque sorte extérieures et non encore appréciées, peuvent modifier le développement de ses organes génitaux, de manière à faire soit un mâle, soit une femelle, d'un individu qui jusque-là était propre à prendre in-

différemment l'une ou l'autre condition. M. Coste s'attache à prouver que les arguments qu'on avait pris, pour appuyer l'opinion qu'il combat, dans certaines circonstances du développement d'animaux appartenant à la classe des articulés (les Hyménoptères grégaires, qui présentent des individus neutres), conduisent à des conclusions directement opposées à celles qu'on en avait cru pouvoir tirer.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur un nouveau système de locomotion à grande vitesse et à bas prix, au moyen de véhicules perfectionnés et de voies de communications à pavés solidaires en bois debout, etc.; par* MM. **Jarry** et **Pezerat**.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Coriolis.)

Note sur un nouveau système de filtrage pour les eaux destinées aux usages domestiques et aux besoins de l'industrie; par M. **Souchon**.

(Commission précédemment nommée pour le filtre Fonvielle.)

M. Souchon ayant eu l'occasion de remarquer dans des opérations ayant pour objet la teinture de la laine au moyen du prussiate de fer, que les eaux qui sortaient après avoir traversé une certaine épaisseur de laine en bourre, étaient tout-à-fait incolores, crut pouvoir tirer parti de cette remarque pour un procédé de clarification des eaux bourbeuses. Ses premiers essais lui firent reconnaître que la laine en bourre cessait assez promptement d'être propre à l'usage auquel il pensait l'appliquer; mais y ayant substitué de la *laine tontisse*, c'est-à-dire hachée très menu, il reconnut que l'appareil, grace à cette modification, agissait plus efficacement, devenait beaucoup moins sujet à se déranger, et pouvait s'établir à bien moins de frais. Il annonce avoir construit, d'après ce système, plusieurs filtres qui fonctionnent très bien et fournissent à plusieurs établissements qu'il cite, toute l'eau clarifiée dont ils ont besoin.

PALÉONTOLOGIE. — *Additions à deux Mémoires précédemment présentés sur des rongeurs fossiles de l'Auvergne; par* MM. **de Laizer et de Parieu.**

(Commission précédemment nommée.)

Un de ces deux rongeurs avait été désigné sous le nom de *Palæomys*; mais ce nom ayant été déjà employé par M. Kaup pour une autre espèce fossile, les auteurs proposent d'y substituer celui d'*Archæomys;* ils proposent de même de désigner sous le nom d'*Echimys breviceps* l'espèce perdue qu'ils avaient déjà nommée *E. curvistriatus.*

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Description et figure d'une voiture disposée d'après un nouveau système, lequel a pour but de diminuer le tirage et de rendre la construction moins coûteuse; par* M. **Pilaud.**

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Séguier.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur un instrument destiné à mesurer la profondeur des mers; par* M. **Teyssèdre.**

(Commissaires, MM. Arago, Beautemps-Beaupré, de Freycinet, Savary.)

M. **Coulier** rappelle une communication qu'il a faite précédemment sur une *encre délébile* destinée à l'impression, et qui aurait pour objet d'empêcher le décalcage des journaux à la frontière. Il adresse un exemplaire d'un journal imprimé avec cette encre et demande que son procédé soit admis à concourir pour un des prix de la fondation Montyon.

(Commission des prix Montyon.)

M. **Pelletan** demande que la machine à *vapeur et à rotation,* sur laquelle il a appelé le jugement de l'Académie, soit renvoyée à l'examen de la Commission chargée de s'occuper des moyens de prévenir les explosions.

(Commission des rondelles fusibles.)

M. Pelletan prie aussi l'Académie de hâter le rapport qui doit être fait sur son *lévigateur*, la saison dans laquelle on peut voir cet appareil fonctionnant en grand pour la fabrication du sucre de betterave étant déjà fort avancée.

M. Tessier réclame la priorité d'invention pour l'emploi des diaphragmes en toiles métalliques comme moyen propre à empêcher les feux de cheminée; il adresse à l'appui de sa réclamation une note imprimée en 1832 dans les *Mémoires de l'Académie du Gard.*

(Renvoi à la Commission qui a fait le rapport sur l'appareil de M. Maratueh.)

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Fixation des images de la chambre obscure.*

M. Arago dit qu'il vient de recevoir le numéro de l'*Athenæum* où se trouve en entier le Mémoire que M. Talbot a communiqué à la Société royale de Londres, le 30 janvier 1839, et il donne une analyse succincte de ce travail intéressant. M. Talbot reçoit les images de la chambre noire sur du papier imprégné d'une substance particulière; il ne dit encore ni quelle est cette substance, ni par quel procédé le papier est préparé, ni par quelle méthode, après une première exposition à la lumière, on lui enlève sa sensibilité. D'après le Mémoire du célèbre physicien anglais, on serait porté à croire que sur ses dessins, du blanc correspond aux régions éclairées, et le noir aux parties privées de lumière; mais le contraire semble résulter d'un article de la *Literary Gazette* du 2 février, où l'on rend compte de l'*exhibition* de divers dessins qui a eu lieu dans les salons de l'*Institution royale.* Sur ce point, encore, il faut donc attendre de plus amples renseignements.

M. *Talbot* se sert de ses procédés pour obtenir des copies exactes, des *fac simile* de dessins, de gravures ou de manuscrits. La feuille dont on désire une épreuve, est pressée, les traits en dessous, sur le papier préparé. La lumière du soleil la traverse graduellement, excepté dans les lignes noires et opaques de la gravure, du dessin ou de l'écriture, et dès-lors elle en trace une représentation exacte, mais où le noir correspond au blanc et réciproquement. En copiant la copie renversée, tout se retrouve dans l'ordre naturel.

Dans cette dernière application de l'action lumineuse, M. Talbot éprouvera encore le déplaisir d'avoir été devancé par M. Niépce. Les personnes qui ont eu des relations avec M. Charles Chevalier, opticien, peuvent se rappeler avoir vu, chez lui, sur une plaque métallique, une figure de Christ transportée d'une gravure sur le métal à l'aide des rayons solaires. La planche

en question avait été donnée à M. Chevalier en 1829. Ce jeune artiste a bien voulu, depuis quelques jours, la déposer dans les mains de M. Arago. Les blancs et les ombres s'y trouvent reproduits comme dans l'original, c'est-à-dire sans inversion. M. de Laguiche avait une planche du même genre qu'il tenait aussi de M. Niépce.

M. Arago, en terminant sa communication, proteste de nouveau de sa profonde estime pour M. Talbot. Il a discuté les titres de cet habile physicien et ceux de M. Daguerre, avec la ferme volonté de rester dans les limites de la plus stricte justice. Personne, et M. Arago moins encore que tout autre, n'a pu mettre en doute la parfaite sincérité de M. Talbot; mais lorsque, mal informé, ce savant ingénieux réclamait *formellement la priorité* d'invention, MM. Arago et Biot auraient manqué à leur devoir, s'ils n'avaient pas fait connaître des détails qu'ils tenaient de la confiance de M. Daguerre et qui *démontrent*, avec une entière évidence, que la priorité, au contraire, appartient sur tous les points à nos deux compatriotes. Au surplus, les procédés actuels de M. Talbot, autant qu'il est possible d'en juger, sont ceux que MM. Niépce et Daguerre ont essayés à l'origine et auxquels M. Daguerre a substitué la méthode, beaucoup plus parfaite, dont le public a admiré les résultats.

(Il s'est glissé dans le précédent cahier, une erreur de date que nous nous empressons de rectifier. Page 171, à l'avant-dernière ligne, au lieu de : remontent à 1830, *lisez :* remontent à 1832.)

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Source intermittente.*

M. Bonnet écrivit le 22 janvier, qu'il existe à *Vérine*, commune de *Rom* (Deux-Sèvres), *une fontaine qui éprouve le flux et reflux au mois de mars seulement.* Sur la proposition de M. *Arago*, que l'Académie avait chargé de faire un rapport verbal sur cette communication, il sera écrit à MM. les ingénieurs du département des Deux-Sèvres pour les inviter à constater le fait annoncé et à vouloir bien en étudier les circonstances. On les priera, surtout, de rechercher si le flux et reflux de la source a quelque liaison avec les marées de l'Océan. Les vagues renseignements que nous avons aujourd'hui sur la fontaine de *Rom*, permettraient de la ranger simplement parmi les fontaines intermittentes. De nouvelles observations montreront si elle a réellement quelque communication directe avec *la mer*. On comprendra aisément tout le poids que l'affirmative donnerait à la théorie actuelle des fontaines artésiennes.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Énoncé de deux théorèmes généraux sur l'attraction des corps et la théorie de la chaleur; par* M. CHASLES.

« On s'est peu occupé jusqu'ici de la recherche des propriétés générales de l'attraction des corps, sous un point de vue spéculatif, parce qu'on n'a eu à considérer cette loi de la nature que dans quelques corps de forme déterminée et assez simple, pour la solution de quelques questions de la mécanique céleste. C'est par cette raison que j'ai pensé que mes deux théorèmes pourraient offrir, par leur généralité, quelque intérêt aux géomètres.

» 1er THÉORÈME. *Si l'on a un corps de forme quelconque, mais terminé par une surface fermée;*

» *Qu'on considère, au dehors du corps, une quelconque des surfaces de niveau relatives à son attraction* (c'est-à-dire une des surfaces qui jouissent de la propriété que les attractions du corps sur les différents points de cette surface sont dirigées suivant ses normales en ces points);

» *Et qu'on regarde cette surface comme recouvrant une couche homogène infiniment mince, dont les épaisseurs, en ses différents points, soient en raison inverse des distances de ces points à la surface de niveau infiniment voisine;*

» *Cette couche jouira des deux propriétés suivantes :*

» 1°. *Elle n'exercera aucune action sur un point quelconque situé dans l'intérieur de sa paroi interne;*

» 2°. *L'attraction qu'elle exercera sur un point extérieur aura la même direction que l'attraction exercée par le corps lui-même sur ce point;*

» *Et ces deux attractions auront leurs intensités proportionnelles aux deux masses attirantes.*

» Ce théorème permet, quand on connaît les *surfaces de niveau* relatives à l'attraction d'un corps, de ramener le calcul de cette attraction à celui de l'attraction d'une couche infiniment mince. Par là, l'un des signes d'intégration de l'intégrale triple primitive disparaît, et l'on est conduit à une simple formule de *quadrature* pour l'expression générale de l'attraction du corps.

» Le corps proposé peut être lui-même une couche infiniment mince. Ce cas appliqué à une couche comprise entre deux ellipsoïdes semblables entre eux, concentriques et semblablement placés, conduit naturellement

a l'expression de l'attraction de cette couche sur un point extérieur, et par suite à celle de l'attraction d'un ellipsoïde composé de couches homogènes, de densités différentes.

» De sorte que ce problème, envisagé ainsi d'un point de vue général, se dépouille des grandes difficultés qu'il avait présentées quand on l'attaquait par des considérations restreintes et toutes spéciales à la forme particulière du corps.

» Cet cas paraît offrir un nouvel exemple des avantages de la *généralisation* en géométrie, pour simplifier les théories et y répandre une clarté intuitive.

» 2ᵉ Théorème. *Si l'on conçoit une enveloppe matérielle homogène, comprise entre deux surfaces fermées soumises respectivement à deux sources constantes de chaleur et de froid;*

» *Quand ce corps sera parvenu à l'état permanent de température, si l'on conçoit dans son intérieur ses surfaces isothermes* (c'est-à-dire dont chacune a la même température en chacun de ses points); *qu'on considère la quantité de chaleur qui, pendant l'unité de temps, traverse l'une de ces surfaces; et que l'on suppose que cette quantité de chaleur forme sur cette surface une couche infiniment mince douée du pouvoir attractif suivant la loi naturelle;*

» *Cette couche jouira des trois propriétés suivantes :*

» 1°. *Elle n'exercera aucune action sur un point situé en un lieu quelconque de l'intérieur de sa paroi interne;*

» 2°. *L'attraction qu'elle exercera sur un point extérieur sera la même, en direction et en grandeur, quelle que soit la surface isotherme qu'on a considérée;*

» 3°. *L'attraction exercée par cette couche sur un élément superficiel d'une surface isotherme extérieure à la couche, sera dirigée suivant la normale à cet élément, et son intensité sera égale à la quantité de chaleur qui s'écoulera par cet élement pendant l'unité de temps, multipliée par* 4π.

» Ce théorème conduit naturellement à la solution d'une question qui a dû préoccuper depuis long-temps les géomètres et les physiciens, mais qui avait sans doute présenté des difficultés à l'analyse.

» On sait que le fluide électrique répandu à la surface d'un corps conducteur y forme une couche infiniment mince qui jouit de la propriété de n'exercer aucune action sur un point quelconque de l'intérieur du corps. Quand le corps est un ellipsoïde, on démontre que la couche électrique est terminée par une seconde surface ellipsoïdale semblable à la première,

ainsi que le faisait prévoir le beau théorème de Newton, généralisé par Maclaurin, qui exprime qu'une couche homogène comprise entre deux surfaces ellipsoïdales semblables, concentriques et semblablement placées, n'exerce aucune action sur un point situé dans l'intérieur de sa surface interne.

» Voici la question à laquelle ces résultats donnaient lieu naturellement : *Une surface donnée ne peut-elle recouvrir qu'une couche infiniment mince, telle que celle que forme le fluide électrique, qui jouisse de la propriété de n'exercer aucune action sur un point placé dans l'intérieur de sa paroi interne?*

» Par exemple, une couche infiniment mince qui a pour l'une de ses parois une surface ellipsoïdale, doit-elle avoir nécessairement pour seconde paroi une autre surface ellipsoïdale semblable à la première, pour jouir de la propriété de n'exercer aucune action sur un point placé dans son intérieur ?

» Le théorème général ci-dessus résout négativement cette question, et fait voir que : *Une surface donnée peut toujours recouvrir une infinité de couches infiniment minces jouissant de la propriété de n'exercer aucune action sur un point intérieur quelconque.*

» Maintenant une question intéressante se présentera: c'est de savoir quelle propriété particulière (de *minimum* ou de *maximum*, probablement) distingue, parmi toutes ces couches, celle que forme le fluide électrique répandu librement à la surface d'un corps conducteur. »

MÉDECINE. — *Sur les inconvénients que peut présenter quelquefois l'usage des eaux alcalines gazeuses chez les personnes disposées aux affections calculeuses; par* M. LEROY D'ÉTIOLLES.

L'auteur s'attache à prouver le peu de fondement de l'opinion généralement admise, que le traitement de la gravelle d'acide urique par les eaux alcalines gazeuses, en supposant même qu'il ne soit pas toujours avantageux, n'offre du moins jamais d'inconvénients. « Il paraît, dit-il, d'après les travaux récents de quelques chimistes, que les carbonates alcalins donnent lieu non-seulement à la formation d'un urate de soude, mais encore d'urate de chaux insoluble, qu'ils favorisent dans diverses circonstances la précipitation des phosphates et qu'enfin ils peuvent donner lieu à des concrétions de carbonate de chaux. J'ai en ce moment sous les yeux un malade chez lequel ce dernier fait existe de la manière la plus manifeste.

Quatre fois, depuis trois ans, la pierre chez lui s'est reproduite, et cela d'autant plus promptement qu'il prenait une plus grande quantité d'eau de Vichy; quelques graviers extraits entiers éveillèrent mon attention par leur forme, et l'analyse a prouvé qu'ils étaient composés de carbonate de chaux et d'un peu d'urate de chaux. »

M. Laignel écrit relativement aux résultats des expériences qui ont été faites en Belgique sur son *système de courbes pour les chemins de fer*, et cite le passage suivant du rapport présenté par le directeur général des ponts-et-chaussées:

« Il résulte des expériences faites sous les yeux de la Commission que les courbes à petit rayon (système Laignel) peuvent être parcourues par des convois chargés et composés d'un assez grand nombre de waggons avec de grandes et de petites vitesses, sans que de la petitesse de courbure paraisse provenir aucun inconvénient. »

M. Mansut transmet une note de M. Goursaud, professeur à l'institut des *Sourds-Muets* de Bordeaux, concernant l'*état sanitaire* des enfants élevés dans cet établissement.

M. Vallot adresse un essai de détermination des différentes pierres précieuses mentionnées par Pline.

M. Gourdon présente quelques réflexions sur l'opinion défendue par M. Parrot, dans une lettre adressée récemment à l'Académie, concernant la température de la partie centrale du globe.

M. James demande que l'on hâte le rapport sur l'utilité qu'on peut tirer d'une gravure coloriée dans laquelle il a figuré en regard les pustules du vrai et du faux vaccin.

M. *Magendie*, membre de la Commission à l'examen de laquelle avait été renvoyée la gravure en question, déclare qu'il n'y a pas lieu de faire de rapport.

M. Desmarest annonce qu'il a découvert un procédé pour la *fixation des images formées au foyer de la chambre obscure*, et que, décidé à ne pas le faire connaître avant que M. Daguerre ait publié le sien, il se borne à constater la date de sa découverte en la décrivant dans une Note qu'il adresse sous enveloppe cachetée. L'Académie en accepte le dépôt.

M. MORPURGO adresse un paquet cacheté portant pour suscription : *sur les aérostats.*

L'Académie accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 5, in-4°.

Note sur l'Appareil inamovible; par M. le baron LARREY; in-8°. (Extrait des mémoires de Médecine, de Chirurgie et de Pharmacie militaire, tome 45.)

Voyage du maréchal duc DE RAGUSE; tome 5, in-8°, avec atlas in-4°.

L'Obélisque de Luxor, histoire de sa translation à Paris; par M. LE BAS; 1839, in-4°. (M. Dupin est chargé d'en rendre un compte verbal.)

Fragment sur l'Électricité universelle, ou attraction mutuelle; par M. ROESSINGER; Paris, 1839, in-8°.

Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie; années 1834—1838, 6e vol. in-4°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube; nos 65, 66, in-8°.

Mémoires de la Société royale d'Agriculture et des Arts du département de Seine-et-Oise; 1838, in-8°.

Annales de la Société d'Émulation du département des Vosges; tome 3, 2e cahier, 1833; in-8°.

Bulletin des travaux de la Société départementale d'Agriculture de la Drôme; n° 8, in-8°.

Procès-Verbaux des séances de la Société d'Agriculture, Sciences et Belles-Lettres de Rochefort; nos 11—19, in-8°.

Programme de l'Académie royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux, pour 1839.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; 8e année, nov. 1838, in-8°.

Traité complet sur les causes d'Explosion de machines et chaudières à vapeur; par M. Désiré Tack; Bruxelles; in-8°.

Cactearum genera nova speciesque novæ et omnium in horto monvilliano cultarum ex affinitatibus naturalibus ordinatio nova indexque methodicus; par M. Lemaire; Paris, 1838, in-8°.

Pleiones carunculatæ anatome; par M. A.-E. Grube; 1837, in-4°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société Zoologique de Londres;* part. V, 1837, in-8°.

Treatise on physical.... *Traité sur l'Éducation physique spécialement adapté aux jeunes personnes; par* M. Bureau Rioffrey; 1 vol. in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

The London and.... *Magasin philosophique et journal des Sciences de Londres et d'Edimbourg;* vol. 14, février 1839, nos 86, 87, in-8°.

Transactions of the.... *Transactions de la Société Zoologique de Londres;* vol. 2, parties 2 et 3, in-4°.

The Athenæum, journal; n° 589.

Zur Anatomie.... *Sur l'anatomie et la physiologie des Lernées; par* M. A.-E. Grube; Konigsberg, 1838, in-4°.

Lezioni.... *Leçons de Mathématiques transcendantes; par* M. Agutino San-Martino; Catane, 1832; in-8°. (M. Libri est prié d'en rendre un compte verbal.)

Costruzione.... *Construction du Thermosiphon, ou Calorifère à eau; par* M. M. Saint-Martin; Turin, 1839, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie; février 1839, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; février 1839, in-8°, avec un atlas de 6 planches in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 6.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 16 et 18.

La France industrielle; 5e année, n° 84.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 FÉVRIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Réclamation de M. Dutrochet *au sujet du Mémoire présenté dans la dernière séance par M. Decaisne.*

« Dans l'analyse d'un Mémoire de M. Decaisne, inséré au *Compte rendu* de la dernière séance (page 204), se trouve le passage suivant : *M. Dutrochet admet que chacun des mérithalles de cette singulière plante* (le guy) *s'accroît indépendamment des autres, et que le système ligneux de chacun d'eux est séparé par une couche de tissu utriculaire médullaire, que les mérithalles sont seulement* contenus *par l'écorce.* Il me paraît y avoir ici une erreur typographique qu'il m'importe de relever, car elle tend à m'attribuer une assertion absurde (1). J'ai dit (tome 1, page 313 de la collection de mes Mémoires) que les mérithalles du guy ne sont *continus* que par leur écorce, et non, qu'ils sont seulement *contenus* par l'écorce, comme semble le dire M. Decaisne. Cet observateur *n'a pu reconnaître*, dit-il, *la couche de tissu utriculaire médullaire* qui, d'après mes observa-

(1) L'erreur typographique signalée par M. Dutrochet avait été aperçue, mais seulement après que le tirage était commencé.

tions, sépare les faisceaux ligneux des mérithalles du guy situés les uns à la suite des autres; et d'un autre côté, il a observé que les faisceaux corticaux du guy ne s'étendent pas d'un mérithalle à l'autre, ce qui semblerait contredire formellement l'observation que j'ai formulée en disant que les mérithalles du guy sont *continus* par leur écorce.

» Je ne conçois pas comment la couche de tissu cellulaire qui sépare les faisceaux ligneux des mérithalles contigus du guy a pu échapper à l'observation de M. Decaisne, car cette couche de tissu cellulaire a une couleur verte qui tranche nettement avec la couleur blanchâtre du tissu ligneux des deux mérithalles qu'elle sépare. C'est dans cet endroit que s'opère la désarticulation de ces mérithalles qui, lorsqu'ils sont jeunes, ne tiennent point ainsi les uns aux autres par la continuité de leurs fibres ligneuses; mais cette continuité paraît s'établir par le progrès de l'âge, bien que la trace de la séparation primitive ne s'efface jamais. Je mets sous les yeux des membres de l'Académie un rameau de guy préparé pour faire voir la couche cellulaire séparatrice de ses mérithalles. Quant à mon assertion touchant la continuité de l'écorce des mérithalles contigus, elle est fondée également sur l'observation, bien qu'elle semble contredire l'assertion de M. Decaisne, qui est cependant exacte sous un certain point de vue. Je n'ai entendu parler que du liber ou de la *jeune écorce* qui, verte dans toute son étendue, ne laisse apercevoir aucun indice de séparation à l'endroit où existe la jonction de deux mérithalles; mais il n'en est pas de même de la vielle écorce qui offre, dans cet endroit, une solution de continuité complète, ce qui semble indiquer qu'il y avait là primitivement un tissu cellulaire intermédiaire qui aurait disparu. Le sillon circulaire et profond qui résulte de cette solution de continuité de la vieille écorce du guy au point de jonction des mérithalles, est assez visible pour frapper les yeux les moins observateurs. Je l'avais vu comme M. Decaisne, mais j'avais négligé d'en faire mention. »

De quelques propriétés nouvelles relatives au pouvoir phosphorescent de la lumière électrique; par M. **Becquerel.**

« Jusque dans ces derniers temps on ne s'est occupé de la phosphorescence que dans le but de rechercher toutes les causes qui peuvent la développer. On sentait cependant depuis long-temps la nécessité de coordonner ensemble les faits observés afin de les comprendre tous dans une expression générale qui permît de les classer et de montrer en même

temps le lien qui les unit. C'est le but que je me suis proposé dans un travail assez étendu que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie il y a quelques années.

» En préparant tout récemment le cours de Physique appliquée à l'Histoire naturelle dont je suis chargé au Jardin des Plantes, j'ai eu occasion de reprendre cette question en ce qui concerne particulièrement la faculté que possèdent les décharges électriques de rendre phosphorescentes certaines substances qui ont été exposées à leur action.

» Je rappellerai d'abord, avant de rapporter les résultats auxquels je suis parvenu, les idées théoriques qui m'ont servi de guide jusqu'ici dans les recherches que j'ai faites sur la phosphorescence.

» Il est parfaitement démontré aujourd'hui que le dégagement de l'électricité a lieu dans les corps toutes les fois que leurs particules éprouvent un dérangement quelconque soit dans leur constitution, soit dans leur groupement, ou bien lorsqu'elles sont décomposées. Si ces particules ne sont pas séparées, il y a recomposition plus ou moins immédiate des deux électricités devenues libres momentanément, laquelle peut produire, selon la nature des corps et la tension de l'électricité, de la lumière et de la chaleur. C'est ainsi que, lorsque ces particules sont ébranlées par la percussion, le frottement, la chaleur, la lumière, ou décomposées par l'action chimique ou le choc électrique, il peut y avoir production de ces deux effets par la recomposition des deux électricités, surtout si les corps auxquels elles appartiennent sont de mauvais conducteurs; mais comme ces causes sont précisément celles qui produisent la phosphorescence, on est porté à admettre l'identité entre la lumière électrique et la lumière de la phosphorescence, et d'autant plus que les apparences lumineuses sont sensiblement les mêmes dans les deux cas, et que tous les corps bons conducteurs de l'électricité, dans lesquels les phénomènes sont rarement accompagnés d'émission de lumière, sont aussi ceux qui sont dépourvus de phosphorescence.

» D'un autre côté, on sait que le spectre solaire est composé de parties qui possèdent les unes la faculté calorifique, les autres la faculté chimique; que la plus forte chaleur se trouve sur le rouge ou dans les environs, tandis que les autres teintes possèdent des températures qui vont en décroissant jusqu'au violet, et que cette distribution calorifique existe encore dans la série des mêmes rayons colorés obtenus par le passage d'un faisceau de lumière dans des matières colorantes.

» M. Seebeck a reconnu en outre que le maximum de température du

spectre solaire change de place avec la composition chimique de la substance dont le prisme est formé. Ainsi, en employant un prisme de crown-glass, le plus haut degré de chaleur passe sur l'orangé. Avec un prisme rempli d'acide sulfurique, il est transporté sur le jaune : avec des prismes de flint-glass, le maximum passe dans l'espace obscur, tout près de la dernière bande rouge du spectre.

» M. Melloni a fait plus, il a montré que dans le spectre formé avec un prisme de sel gemme, le maximum de chaleur se trouve beaucoup au-delà du rouge; que ce maximum marche du violet au rouge, et même au-delà lorsque la matière du prisme étant non cristallisée, est de plus en plus réfringente ou de plus en plus diathermane. Le même physicien est parvenu à enlever à un faisceau de lumière blanche ses propriétés calorifiques et à montrer que la faculté que possèdent les corps de se laisser traverser par la chaleur rayonnante, n'a aucun rapport avec leur degré de transparence, puisque le chlorure de soufre liquide d'un rouge-brun assez foncé, transmet plus de rayons calorifiques que les huiles de noix, d'olive, qui ont une teinte beaucoup plus claire. Des corps solides très diaphanes, tels que la chaux sulfatée, l'acide citrique et autres, laissent passer moins de chaleur que d'autres corps colorés ou translucides, tels que l'agate, la tourmaline, le quartz enfumé, etc. Il résulte de là que la faculté de transmettre les rayons de chaleur est, dans ces différents cas, en sens contraire de la faculté de transmettre les rayons de lumière. Quant aux rayons violets du spectre, ils possèdent des propriétés chimiques dont les autres rayons sont plus ou moins privés. Ces propriétés ont beaucoup d'intensité dans les rayons violets et ceux qui les avoisinent, tandis qu'elles paraissent nulles pour les rayons rouges, orangés et jaunes.

» D'après ces faits, il était important de reconnaître si la lumière qui rend certains corps phosphorescents, ne jouissait pas de semblables propriétés, c'est-à-dire de perdre en partie cette faculté en traversant différentes substances tout en conservant sa faculté lumineuse.

» Les rayons solaires, ainsi que la lumière diffuse, possèdent, comme on le sait depuis long-temps, la faculté de rendre phosphorescents dans l'obscurité certains corps qui ont été exposés à leur action pendant quelques instants. On range au nombre de ceux qui jouissent de cette propriété au plus haut degré les coquilles d'huître nouvellement calcinées avec ou sans soufre; la lumière émise présente souvent les couleurs du spectre et même quelquefois avec assez d'éclat.

» La phosphorescence produite dans les corps par la lumière, en gé-

néral, a occupé un grand nombre de physiciens et, en particulier, Placidus Heinrich, de Ratisbonne, qui a publié un grand ouvrage en allemand, sur les différents moyens d'exciter cette faculté dans un nombre considérable de corps. Voici les faits principaux qui s'y trouvent consignés.

» La lumière émise par les minéraux et, en général, par les productions de la nature, est blanche, soit qu'on les expose à la lumière solaire ou diffuse, transmise par des verres colorés, ou bien aux diverses couleurs du spectre; il en excepte cependant un diamant qui acquérait une phosphorescence durable dans les rayons bleus tandis qu'il restait tout-à-fait obscur après l'exposition aux rayons rouges. Le poli nuit singulièrement à la phosphorescence par insolation. Un marbre est beaucoup plus lumineux sur une cassure récente que sur les parties polies; des surfaces luisantes détruisent même souvent complétement la phosphorescence.

» Il faut donc en conclure que la radiation qui produit ce phénomène, abstraction faite de toute hypothèse sur sa nature, est détruite ou réfléchie en tombant sur la surface polie.

» Le marbre blanc, le spath fluor, etc., quand ils ont acquis la phosphorescence, sont comme transparents; la radiation doit donc pénétrer dans l'intérieur, comme du reste on peut s'en assurer en sillonnant la surface avec un instrument tranchant. Quant aux effets produits par la lumière électrique, voici tout ce qu'il en dit:

» Si l'on fait passer une étincelle électrique sur la surface d'un corps non conducteur, son trajet y est marqué par une raie lumineuse claire, qui reste visible pendant long-temps dans l'obscurité; cette phosphorescence est tout-à-fait analogue à celle qui est produite par la lumière solaire ou la lumière diffuse, néanmoins avec les particularités suivantes:

» L'intensité de la phosphorescence croît avec la force de la décharge, mais on atteint bientôt un degré qu'on ne peut dépasser sans courir le risque d'altérer les substances; en interposant entre le corps et l'étincelle un verre et faisant glisser la décharge sur la surface de ce dernier, la phosphorescence est plus faible.

» Il se développe, quand la phosphorescence se manifeste, une odeur analogue à celle qui est produite dans une électrisation continuée. La lumière d'une pile voltaïque de 400 paires de la grandeur d'une pièce de 5 francs est sans effet.

» Tels sont les faits principaux relatifs à la production de la phosphorescence par l'action de la lumière, que l'on trouve consignés dans l'ouvrage de Placidus Heinrich, et que je rapporte presque textuellement.

» Les décharges électriques exercent une action semblable à celle de la lumière solaire, mais à un degré peut-être plus marqué encore. Pour faire cette expérience, les coquilles sont placées sur la tablette de l'excitateur universel, à une distance de deux ou trois centimètres des deux boules entre lesquelles éclate la décharge. D'autres corps éprouvent le même mode d'action, particulièrement la craie sèche, le sucre, etc. On aperçoit alors dans tout le trajet de l'électricité une traînée de lumière dont les teintes plus ou moins vives sont changeantes et de peu de durée. La couleur, l'intensité et la durée des effets varient avec la nature des corps.

» On sait aussi depuis long-temps que les décharges électriques possèdent la propriété de rendre phosphorescents par l'élévation de température les corps qui ont perdu cette faculté par l'action d'une chaleur trop élevée, propriété que ne possède pas la lumière solaire, du moins à un degré aussi marqué. C'est ainsi qu'un morceau de chlorophane qui a cessé d'être phosphorescent parce qu'on a trop élevé sa température, le devient quand on le chauffe après avoir été préalablement exposé à l'action de la décharge d'une seule bouteille de Leyde; effet que l'on n'obtient pas par l'exposition au soleil. Plusieurs fluors ainsi que la chaux phosphatée se comportent de même. Enfin des corps non phosphorescents dans l'état naturel, tels que le marbre blanc et des fluors non colorés, le deviennent par la chaleur quand ils ont été exposés aux décharges électriques. Nous ne devons pas oublier non plus de rappeler que l'on avait déjà observé que si l'on introduit des fragments de coquilles d'huître calcinées dans de petits tubes de verre hermétiquement fermés et placés eux-mêmes dans d'autres tubes plus longs, et que l'on fasse passer un très grand nombre de décharges électriques à la surface extérieure de ces tubes, les fragments deviennent phosphorescents seulement quand on les chauffe. Telles sont les principales observations qui ont été faites jusqu'ici touchant l'action phosphorescente de la lumière.

» Je m'attacherai dans ce travail à exposer quelques propriétés nouvelles de la lumière électrique seulement, agissant comme pouvoir phosphorescent.

» Je commencerai d'abord par montrer que la lumière électrique agit pour produire la phosphorescence, non par suite du choc ou d'influences électriques, comme on le croyait jadis, mais en raison de facultés propres à sa radiation. On place à cet effet sur l'excitateur une capsule de porcelaine remplie de coquilles d'huître nouvellement calcinées, et l'on fait passer à deux centimètres de distance la décharge de 18 bocaux. Les co-

quilles s'illuminent aussitôt et la lumière s'éteint plus ou moins promptement suivant leur degré d'excitabilité.

En plaçant successivement les coquilles à une distance de l'étincelle, de 1 décimètre, de 5 décimètres, de 20 décimètres, de 30 décimètres, etc., la phosphorescence se manifeste toujours, seulement les effets vont en diminuant avec la distance. Elle se montre encore à une distance beaucoup plus grande, où les influences électriques ordinaires ne sont pas appréciables. Nous ajouterons encore que les fluors verts se comportent de même quand ils sont soumis à l'action de la lumière électrique. Ce n'est pas tout encore : si l'on soumet à l'expérience des coquilles d'huître peu excitables, placées à une distance de plusieurs décimètres, la phosphorescence produite à la première décharge est ordinairement faible ; à la seconde elle est plus marquée, et en continuant les décharges, sa faculté lumineuse s'exalte davantage, jusqu'à acquérir une intensité considérable. On voit par là que la lumière électrique directe agissant à distance, prédispose de plus en plus les particules des coquilles d'huître à devenir phosphorescentes. Nous ne devons pas oublier de dire que dans les mêmes circonstances nous avons eu occasion de remarquer que l'odeur d'hydrogène sulfuré, provenant de la réaction du sulfure de calcium sur l'eau contenue dans l'air, paraissait plus sensible à mesure que le nombre des décharges augmentait, ce qui semble faire croire qu'à mesure que la faculté lumineuse se développe à distance, la tendance à la décomposition croît en même temps.

» Ces premières observations étant faites, et surtout m'étant rappelé l'expérience citée précédemment, et dont on n'avait tiré aucune conséquence, savoir que des coquilles d'huître calcinées renfermées dans des tubes de verre et exposées à des décharges électriques, n'étaient seulement phosphorescentes que par l'élévation de température, il me vint dans l'idée d'essayer si la lumière électrique, en traversant des diaphragmes de diverses substances, perdrait ou conserverait la propriété de rendre phosphorescents à distance un grand nombre de corps. Les substances dont je me suis servi comme d'écrans sont le verre blanc, le verre rouge coloré par le protoxide de cuivre, le verre violet, les verres colorés de diverses teintes et le papier glace ou gélatine en feuilles. Je savais parfaitement qu'à part le verre rouge, les autres verres colorés ne laissaient point passer de rayons simples, mais je pensai que ces substances néanmoins suffiraient pour me donner des différences assez tranchées dans le mode d'action de la lumière électrique que j'avais le désir d'étudier.

» La distance entre la capsule remplie de coquilles d'huître nouvelle-

ment calcinées et les boules de l'excitateur, étant toujours de 2 centimètres, je fis passer entre elles la décharge de la batterie de 18 bocaux. L'expérience se faisait dans une chambre obscure où j'étais depuis un quart d'heure afin de rendre sensible la rétine à de faibles lueurs, et les yeux restaient fermés jusque après la décharge, afin que l'organe de la vue ne fût pas fatigué par l'impression de la lumière électrique. Les coquilles parurent aussitôt fortement illuminées; on recommença l'expérience 10 minutes après, en plaçant sur la capsule une lame de verre de 3 millimètres d'épaisseur. La décharge produisit encore la phosphorescence, mais à un degré infiniment moindre qu'avant l'interposition de l'écran. En augmentant l'épaisseur de la lame jusqu'à 8 millimètres, la phosphorescence devint plus faible encore, quoique le verre fût parfaitement diaphane. Cette expérience, répétée à 1 décimètre et même à 2 décimètres de distance, a donné des effets semblables, seulement la lueur phosphorique allait toujours en diminuant. Une lame de verre de 1 millimètre n'a donné également qu'une phosphorescence très faible, ainsi qu'une feuille de papier glace très transparente, d'une épaisseur de moins d'un cinquième de millimètre.

» Voilà donc des corps très diaphanes qui laissent passer la plus grande partie des rayons lumineux, et qui enlèvent à ces mêmes rayons une partie considérable de la propriété en vertu de laquelle ils rendent les corps phosphorescents.

» Poursuivons les expériences. Une lame de verre rouge, d'une épaisseur de 2 millimètres, substituée au verre blanc, a enlevé entièrement à la lumière le pouvoir phosphorescent, tandis qu'une lame de verre violet foncé sensiblement de même épaisseur s'est comportée à peu près comme le verre blanc. J'ai cru voir cependant, dans plusieurs expériences, que l'effet était plus marqué. Le verre bleu a produit un effet plus faible que le verre violet. Les verres jaune-vert ont enlevé tout-à-fait à la lumière électrique qui les traverse le pouvoir phosphorescent. On voit donc, d'abord, que le verre blanc enlève aux rayons lumineux la plus grande partie de leur pouvoir phosphorescent, et que la quantité de ce pouvoir qui est enlevée par les verres violets, va en augmentant à fur et mesure que l'on prend des verres bleu, jaune, orangé et rouge, ce dernier détruisant entièrement le pouvoir phosphorescent.

» L'expérience suivante vient encore confirmer l'effet que je viens de signaler des écrans de verre blanc placés sur le trajet de la lumière. J'ai exposé des coquilles d'huître nouvellement calcinées à la lumière d'un

morceau de phosphore brûlant dans un flacon de verre rempli de gaz oxigène. La lumière émise était des plus intenses, et cependant la phosphorescence développée avait très peu d'intensité.

» En résumé, on voit que la lumière électrique, outre ses propriétés lumineuses chimiques et calorifiques, possède encore une faculté phosphorescente que lui enlèvent en presque totalité ou en partie différentes substances qui laissent passer cette lumière sans diminution sensible. »

Physique. — *Sur la nature de la radiation émanée de l'étincelle électrique, qui excite la phosphorescence à distance; par* MM. **Biot** *et* **Becquerel**.

« Dans la communication que j'ai faite à l'Académie dans sa dernière séance (*c'est M. Becquerel qui parle*), j'ai annoncé que diverses substances, après avoir perdu dans l'obscurité la phosphorescence qu'elles avaient acquise par la calcination, suivie de l'exposition à la lumière solaire, soit directe, soit diffuse, reprenaient instantanément cette propriété sous l'influence de la lumière développée par une décharge électrique, opérée en leur présence, à travers l'air, à la distance de plusieurs mètres. J'avais ajouté que l'interposition d'un écran de verre diaphane, épais d'un millimètre, ou d'une lame très mince de gélatine en feuille, appelée papier glace, affaiblissait considérablement cet effet.

» Après la lecture de ma communication, un de nos confrères, M. Biot, m'exprima le soupçon que l'action ainsi exercée pouvait ne pas provenir de la portion de la radiation électrique qui produit la sensation de la lumière sur la rétine humaine, mais de quelque portion de cette radiation distincte de la précédente; de même que la radiation calorifique, émise en même temps que la lumière par les corps incandescents, se distingue de celle-ci, dans les expériences de M. Melloni, quand elle est absorbée par les faces d'une pile thermo-électrique revêtues de noir de fumée. Il ajouta que mes expériences mêmes, faites avec des écrans de diverse nature, lui semblaient indiquer cette distinction; et il me proposa d'examiner avec lui par l'expérience si elle se réaliserait; ce que j'acceptai.

» Nous étant donc réunis dans mon laboratoire, nous avons fait ensemble les expériences que je vais raconter:

» On a d'abord constaté les résultats que j'avais obtenus sur l'influence directe de la lumière électrique, agissant à distance à travers l'air. Des écailles d'huître ont été calcinées, puis exposées pendant quelque temps à la lumière solaire, qui était très faible alors; ramenées dans l'obscurité,

elles parurent sensiblement phosphorescentes. Mais cette propriété s'éteignit bientôt. Quand elle eut tout-à-fait disparu, on répartit la matière calcinée dans plusieurs capsules de porcelaine, qui furent placées à diverses distances, depuis 2 centimètres jusqu'à 135 centimètres, de deux petites sphères de cuivre, entre lesquelles on faisait passer l'étincelle d'une batterie, chargée toujours au même degré de l'électroscope à balles. La phosphorescence reparut subitement dès la première décharge; mais elle fut alors très faible, et à peine subsistante; à la seconde, elle fut plus vive et plus durable, et elle augmenta ainsi progressivement jusqu'à la cinquième, dans toutes les capsules, comme j'avais précédemment remarqué que cela arrivait. La lueur présentait principalement les teintes du rouge, du jaune et du vert. On ne poussa pas l'épreuve plus loin.

» Ayant ainsi constaté que la matière calcinée était sensible à l'influence directe, on forma un écran mixte, composé d'une lame de verre et d'une plaque de cristal de roche également limpides, mastiquées l'une à l'autre par leurs bords, de manière qu'une de leurs surfaces se trouvât dans un même plan. L'épaisseur du verre était $3^{mm}\frac{13}{20}$, ce qui, au degré actuel de sensibilité de la substance, devait, d'après mes premières expériences, la préserver presque totalement. Mais pour le cristal, l'épaisseur était presque double et égale à $5^{mm},953$. C'était la plaque appelée *i* dans les expériences de M. Melloni, et mentionnée page 501 du rapport fait à l'Académie. La diathermansie du cristal de roche, bien plus grande que celle du verre, devait lui permettre de transmettre, malgré son excès d'épaisseur, une plus forte proportion de la radiation totale incidente et des portions d'une autre nature, sans offrir aucune différence de diaphanéité sensible à l'œil. L'écran mixte fut posé sur la capsule, de manière que la ligne de séparation de ses deux parties répondît au milieu de l'intervalle des boutons de cuivre entre lesquels devait s'élancer l'étincelle. Celle-ci ayant eu lieu, la phosphorescence reparut aussitôt, vive et et brillante, sous la plaque de cristal de roche; mais elle fut nulle ou insensible sous la plaque de verre. La projection de celle-ci se distinguait en noir à côté de l'autre, comme si on l'eût tracée à la règle. Bientôt l'excitation opérée s'affaiblit, et tout rentra dans l'obscurité après peu d'instants. Alors on retourna l'écran, ce qui intervertissait les places sur lesquelles ses deux parties se projetaient, et l'on recommença l'expérience : l'issue en fut la même. Après la décharge, la matière calcinée resta obscure sous le verre et devint phosphorescente sous le cristal. Plus tard, on s'aperçut que l'excitation opérée dans cette dernière portion se propageait graduellement à l'autre avant de s'éteindre.

» On forma alors un nouvel écran mixte, en joignant une portion de la même lame de verre, épaisse seulement de $3^{mm}\frac{11}{10}$, avec une plaque de chaux sulfatée limpide, ayant pour épaisseur $7^{mm}\frac{11}{10}$. On avait choisi cette substance à cause de sa diathermansie, analogue à celle de l'alun. Du reste, sa diaphanéité ne le cédait point à celle du verre. Malgré sa structure lamelleuse et son épaisseur, elle se montra supérieure, non-seulement au verre, mais peut-être même au cristal de roche, pour la transmission phosphorogénique. La projection de la plaque cristallisée se dessinait en lumière sur la matière calcinée, avec toutes les sinuosités de son contour. Le lieu du verre continuait de rester obscur. Peut-être, toutefois, l'était-il seulement par comparaison. L'expérience fut répétée en renversant l'écran mixte. Elle eut encore le même résultat.

» On n'hésita point alors à faire un troisième écran mixte, où une portion de la même lame de verre était accolée à une plaque de cristal de roche limpide, perpendiculaire à l'axe ayant $41^{mm}\frac{5}{10}$ d'épaisseur. Certainement s'il y avait pu avoir quelque avantage de diaphanéité, il eût été du côté du verre à cause du grand excès d'épaisseur du cristal. Cependant le sens des effets resta pareil. Ce fut sous le canon de cristal seul que la phosphorescence apparut. Il en fut de même dans une seconde expérience où le lieu des projections était interverti. Au reste, après les résultats obtenus avec la plaque de six millimètres, l'essai de celle-ci ne nous offrait aucun doute. Car, en analysant les expériences de M. Melloni, on voit qu'un flux rayonnant qui a traversé six millimètres de cristal de roche perpendiculaire à l'axe, est déjà si épuré pour cette substance, qu'il peut s'y propager ensuite jusqu'à l'épaisseur de 86^{mm}, en n'éprouvant plus qu'une excessivement petite absorption. Toutefois ce genre d'analogie ne peut, tout au plus, être employé que pour une même nature d'écran, et pour une même source rayonnante, agissant sur une matière de sensibilité égale. Car, dans les expériences de M. Melloni, la pile revêtue de noir de fumée atteste seulement l'existence des portions de la radiation qui produisent sur elle l'impression calorifique. Et s'il existait des rayons non calorifiques, quoique doués de propriétés différentes, il se pourrait qu'ils fussent insensibles pour elle, et qu'elle ne les annonçât point.

» Pour savoir si la radiation phosphorogénique se propageait seulement en ligne droite, à travers l'air, nous avons couvert la capsule qui contenait la matière impressionnable, avec un papier opaque percé d'un petit trou rond d'environ un millimètre de diamètre, que nous avons fait répondre au centre de la surface de la matière. Le papier, enlevé subite-

ment après la décharge, a laissé voir à ce centre un tout petit cercle lumineux d'un éclat très vif, le reste de la matière demeurant obscur. Mais, peu à peu, ce reste s'est aussi ému, et la phosphorescence a fini par se propager à toute la surface de la matière. Puis l'effet s'est affaibli graduellement; et, après quelques instants, il s'est éteint.

» Nous avons aussi essayé la transmission à travers une feuille de papier glace extrêmement mince. Elle y a été faible, mais sensible. D'après les expériences de M. Melloni, la gélatine, dont ce papier est fait, est une des substances les moins diathermanes. Mais, comme toute autre, elle le devient davantage, quand elle est plus amincie.

» Néanmoins, l'effet obtenu ici nous semblait plus fort que nous ne l'aurions attendu, d'après mes précédentes observations. Notre surprise augmenta, en voyant que la même lame de verre, de $3^{mm}\frac{11}{20}$, précédemment essayée, devenait actuellement efficace; et que même une autre plaque de verre, épaisse de 12 millimètres, donnait aussi des effets marqués (1). Nous comprîmes alors que la matière contenue dans la capsule était devenue plus impressionnable par la répétition de l'excitation que nous lui avions fait subir. Nous recommençâmes donc nos expériences avec les écrans mixtes, précédemment employés. Dans ce nouvel état de la substance, la phosphorescence fut très visible sous la lame de verre; mais aussi elle se montra tellement vive sous la plaque de cristal de roche, et sous la plaque de chaux sulfatée limpide, que la lueur paraissait complétement blanche sous toute leur projection, dont les contours se trouvaient encore parfaitement définis par leur excès de lumière. Ces deux plaques manifestaient donc ainsi encore leur excès d'efficacité précédemment reconnu. Conséquemment, ces nouvelles épreuves ne faisaient que rendre les premières encore plus certaines, en montrant que, si la phosphorescence ne s'était pas alors opérée sous la lame de verre, c'était par le trop peu de sensibilité de la substance qui recevait la radiation, et non parce que cette radiation ne lui parvenait point. Maintenant donc, cette substance devenue plus impressionnable, acquérait la propriété phosphorique par l'influence de certaines portions

(1). L'emploi de cette nouvelle plaque de verre, qui n'avait pas encore été mise en présence de la lumière électrique, avait pour but de constater que l'accroissement d'effet actuellement observé, résultait de l'accroissement de sensibilité de la matière qui éprouvait l'impression phosphorogénique, et non pas d'un accroissement de perméabilité que la lame de verre précédemment employée aurait pu acquérir par la répétition de la transmission.

de la radiation transmise, qui, précédemment ne l'excitaient pas, ou du moins ne l'excitaient pas assez pour qu'elle émît une radiation lumineuse sensible à nos yeux.

» Dans une séance suivante, nous étudiâmes la transmission de la radiation phosphorogénique à travers des plaques de cristal de roche enfumé. Voici quel était notre but.

» M. Melloni a prouvé que les radiations calorifiques émanées de la lampe Locatelli, du platine incandescent, et du cuivre chauffé à 400°, se transmettent à très peu près aussi bien, et aussi abondamment, à travers le cristal de roche enfumé qu'à travers le cristal de roche limpide taillé perpendiculairement à l'axe de sa cristallisation, malgré la grande différence de diaphanéité que ces deux variétés présentent pour l'œil. Cette identité presque exacte de transmission a été confirmée par le calcul jusqu'à l'épaisseur de 86^{mm} dans le rapport de l'Académie, pages 531 et 554. Nous avons voulu savoir si elle subsisterait pour la radiation phosphorogénique.

» Nous avons essayé d'abord une plaque perpendiculaire à l'axe, dont l'épaisseur était 21$^{mm}\frac{15}{20}$; elle nous avait été obligeamment prêtée par M. Babinet. Sa structure interne, étudiée par la polarisation, était très régulière; mais, quoique fort limpide, elle éteignait considérablement la radiation lumineuse, et le ciel, vu à travers son épaisseur, paraissait incontestablement beaucoup plus sombre qu'à travers une lame de verre de 3$^{mm}\frac{11}{20}$. Nous l'avons accolée à une pareille lame pour en former un écran mixte que nous avons placé, comme précédemment, au-dessus d'une capsule remplie d'écailles d'huître récemment calcinées, dont nous venions de constater la sensibilité pour l'influence directe de la radiation électrique transmise à distance à travers l'air. Dans une première expérience la distance du milieu de l'étincelle à la surface de la matière sensible était de 12 centimètres. Toute la portion de cette surface, située sous le cristal, a été illuminée en forme hexagonale, conformément à sa configuration. La portion située sous le verre est restée obscure.

» L'expérience a été répétée en rapprochant la substance sensible jusqu'à 7 centimètres de l'étincelle. Les effets ont été pareils mais plus marqués sous le cristal. Ils sont demeurés nuls ou inappréciables sous le verre, comme précédemment. Ils fussent devenus sensibles sans doute si la matière calcinée eût été plus excitable ou plus excitée: mais il valait mieux ici qu'elle le fût moins, pour que l'inégalité d'impression à travers les deux parties de l'écran restât plus évidente.

» Nous avons soumis à la même épreuve une autre plaque de quartz

enfumé pareillement limpide, mais épaisse de 90 millimètres, que nous avait prêtée aussi M. Babinet. Les faces de celle-ci étaient obliques à l'axe de la cristallisation, et elle paraissait avoir été taillée dans un bloc, sans autre intention que d'en faire un ornement. Les effets opérés à travers cette plaque ont été sensibles, mais très faibles; bien plus faibles, indubitablement, qu'ils ne l'eussent été à travers une plaque limpide perpendiculaire à l'axe. Une autre plaque très enfumée, épaisse seulement de 29 millimètres, et appartenant aux collections du Jardin des Plantes ne nous a offert aucune trace appréciable d'effets. Nous n'avons pas déterminé le sens dans lequel elle était taillée; mais elle était traversée obliquement par une grande fissure qui s'étendait dans une grande partie de son diamètre. Toutefois, les résultats observés à travers la première plaque de cristal de roche enfumé perpendiculaire à l'axe, et épaisse de $21^{mm}\frac{3}{4}$, dans les mêmes circonstances où une lame de verre de $3^{mm}\frac{11}{10}$, bien plus diaphane, n'en produisait pas d'appréciables, suffisent pour prouver que la portion de la radiation électrique, qui excite la phosphorescence, est physiquement distincte de celle qui produit la vision sur la rétine humaine. Les expériences avec les écrans diaphanes, faites à divers degrés de sensibilité de la matière calcinée, prouvent aussi qu'une même portion de la radiation totale est, ou n'est pas, efficace à produire la phosphorescence, selon l'état plus ou moins excitable de la substance qui la reçoit. Enfin, les expériences de M. Melloni, sur la radiation émanée des corps incandescents de diverse nature, ont prouvé que la portion de cette radiation qui produit l'impression calorifique est pareillement distincte de celle qui excite, dans la rétine humaine, la sensation de la vision. D'après cela il est naturel de penser que ces portions déjà observées des radiations, ou peut-être d'autres qui les accompagnent, peuvent avoir encore bien d'autres propriétés spécifiques différentes des précédentes; propriétés qu'elles montreront lorsqu'on essaiera de les faire agir sur des matières sensibles à leur action spéciale, et propres à manifester leur existence par d'autres phénomènes que la sensation de la vision dans la rétine de l'homme, ou l'excitation de la phosphorescence, ou le développement de la chaleur.

» Dans le cours des expériences qui viennent d'être décrites, nous avons employé aussi pour écran une lame d'eau contenue dans un anneau de verre dépoli, fermé par des lames minces de cristal de roche limpide perpendiculaires à l'axe. L'épaisseur de l'eau entre les lames était de $3^{mm}\frac{10}{10}$. Un diaphragme circulaire de papier opaque, appliqué sur la lame supérieure, laissait seulement découverte la partie centrale de l'anneau et assurait la

transmission à travers le liquide. La radiation émanée de l'étincelle électrique, étant ainsi transmise, s'est montrée efficace pour exciter la phosphorescence; mais nous n'avons pas déterminé son rapport avec les autres écrans à égale épaisseur.

» Pour constater les phénomènes qui viennent d'être décrits, il faut que l'observateur reste dans une complète obscurité, et s'y soit tenu déjà depuis un quart d'heure, au moins, avant de commencer les expériences. Les petites boules terminales des conducteurs, entre lesquelles s'opère l'étincelle, doivent se trouver dans cette même obscurité au-devant de lui; et la disposition des capsules, ainsi que des écrans, doit se faire en n'admettant que le moins de lumière possible. Tout étant préparé, et l'observateur tenant l'écran mixte au-dessus de la capsule, par un manche isolant, il ferme les yeux pendant que l'on charge la batterie; et, prévenu du moment où l'on va opérer la décharge, il couvre encore ses yeux avec celle de ses mains qui est libre, pour se soustraire autant que possible à la vive lumière qui se produit. Dès qu'il a entendu l'explosion, il ouvre les yeux en retirant l'écran avec rapidité; alors il a tout le temps et toute la facilité nécessaires pour constater l'existence de la lueur phosphorique produite, pour en étudier les détails. »

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Note sur les propositions établies dans le dernier* Compte rendu; *par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« La dernière de ces propositions, étant généralisée, peut s'énoncer comme il suit :

» Lorsque chaque azimut de réflexion ou de réfraction est non pas égal, mais supérieur ou inférieur à l'unité, alors, si le nombre des réflexions ou des réfractions devient de plus en plus considérable, les azimuts des rayons successivement obtenus croîtront ou décroîtront sans cesse et indéfiniment, de sorte qu'*après un grand nombre de réflexions ou de réfractions, le dernier rayon réfléchi ou réfracté sera sensiblement polarisé dans le plan d'incidence ou perpendiculairement à ce plan.*

» Au reste cette proposition, ainsi que les précédentes, s'accorde avec les expériences des physiciens, particulièrement avec les formules et les expériences de Fresnel, relatives à la réflexion et à la réfraction opérées par la surface de séparation de deux milieux isophanes et transparents. Pour montrer une application des mêmes propositions à la réflexion opérée par des corps opaques, nous rappelle-

rons ici quelques résultats obtenus par M. Brewster. Cet illustre physicien ayant fait réfléchir deux fois de suite, par un métal, un rayon polarisé à 45 degrés du plan d'incidence, a mesuré l'azimut après la première et la seconde réflexion, dans le cas où elles ont lieu sous des incidences égales et tellement choisies que la seconde réflexion produise un nouveau rayon doué, comme le rayon incident, de la polarisation rectiligne. Or il résulte des propositions énoncées que, dans ce cas, la tangente de l'azimut doit acquérir après la première, et après la seconde réflexion, deux valeurs dont l'une soit la racine carrée de l'autre. D'ailleurs, en faisant successivement usage des métaux dont les noms suivent, M. Brewster a trouvé que l'azimut était

Pour l'argent, après la première réflexion	42°,	après la seconde réflexion 39° 48′,
Pour le cuivre	36° 30′,	29°,
Pour le mercure	35°,	26°,
Pour le métal des miroirs	32°,	21° ;

et les tangentes des quatre azimuts mesurés après la seconde réflexion ont pour racines carrées les tangentes des quatre angles

42° 23′, 36° 40′, 34° 56′, 31° 47′,

qui diffèrent très peu, comme on le voit, des quatre azimuts fournis, après la première réflexion, par des expériences directes, les différences étant respectivement

— 23′, — 10′, 4′, 13′.

On doit même observer que, pour déterminer l'azimut relatif à l'argent, après la première réflexion, M. Brewster a eu recours à deux expériences distinctes, dans l'une desquelles le rayon réfléchi traversait une plaque cristallisée, propre à faire évanouir l'anomalie, sans altérer l'azimut, tandis que, dans l'autre expérience, le rayon réfléchi par le métal subissait deux nouvelles réflexions sur le verre, sous l'incidence de 54° ½, par conséquent, deux réflexions capables de faire acquérir la polarisation circulaire au rayon incident, c'est-à-dire à un rayon plan et polarisé à 45 degrés du plan d'incidence. Or, il est remarquable que les azimuts fournis par ces deux expériences se réduisent aux angles 42° et 42° ½, entre lesquels se trouve compris l'angle 42° 23′, déduit par le calcul de l'azimut du rayon ramené à la polarisation rectiligne par deux réflexions effectuées sous la même incidence à la surface de l'argent.

» Lorsque M. Brewster a fait usage de platine, d'acier et de plomb, il

a obtenu, pour les azimuts relatifs à la première et à la seconde réflexion, des nombres qui ne s'accordent plus entre eux d'une manière aussi parfaite. En effet, il a trouvé que l'azimut d'un rayon primitivement polarisé à 45 degrés du plan d'incidence, puis ramené par deux réflexions effectuées sous le même angle à la polarisation rectiligne, était :

Pour le platine, après la première réflexion	34°,	après la seconde réflexion 22°,
Pour l'acier	30° 30′,	.... 21°,
Pour le plomb....................................	26°,	.... 11°.

Or, les tangentes des trois azimuts relatifs à la seconde réflexion ont pour racines carrées les tangentes des angles

32° 26′, 28° 56′, 23° 48′,

et les différences de ces angles aux azimuts mesurés après la première réflexion sont respectivement

1° 34′, 1° 34′, 2° 12′.

Quoique ces différences surpassent notablement celles qui étaient relatives aux quatre autres métaux, néanmoins elles ne sont pas assez considérables pour ne pouvoir être attribuées aux erreurs d'observation et à cette circonstance particulière que la lumière employée par M. Brewster n'était pas une lumière homogène, comme nos formules le supposent, mais une lumière blanche, composée de rayons de diverses couleurs. Nous ne saurions dire si c'est à cette dernière circonstance qu'il convient d'attribuer la différence encore plus considérable, qui se rapporte à la galène, et s'élève à 6° 55′, ou si cette différence tient à ce qu'il ne serait pas permis de considérer la galène comme un corps isophane. C'est une question sur laquelle il nous paraît utile d'appeler l'attention des physiciens. »

ZOOLOGIE. — *Note sur les différences entre le* Simia Morio *d'Owen, et le* Simia Wurmbii *dans la période d'adolescence, décrit par M. Dumortier; par* M. OWEN.

« Dans le Mémoire présenté à l'Académie des Sciences par M. *Dumortier* sur l'identité spécifique des Orangs désignés sous les noms de *Pithecus Satyrus, P. Wurmbii, P. Abelii* et *P. Morio* (1), le savant auteur

(1) *Comptes rendus*, séance du 17 décembre 1838.

a commis une erreur relativement au *Pithecus* ou *Simia Morio*, et je m'empresse de la rectifier en peu de mots.

» M. Dumortier, dans sa description du crâne, qu'il suppose représenter le troisième état de développement de l'Orang, dit : « A cette » époque la dentition comporte 16 molaires et représente l'adolescence. » La description du *Simia Morio* de M. Owen convient pleinement avec » l'indication que je viens de présenter (1) ». Dans l'extrait de ma description du crâne du *Simia Morio*, publié dans les comptes rendus des séances (*proceedings*) de la Société zoologique, octobre 1836, il est dit expressément que « la série des dents, en haut et en bas, était com- » plète, c'est-à-dire qu'il y avait 20 molaires, et non pas 16. » J'ai dit en outre, que ces 20 molaires consistaient, comme dans le *Simia Wurmbii*, en 8 *biscupides* et 12 *molaires vraies*, que le degré de leur usure par la mastication, prouvait que l'individu auquel elles appartenaient était âgé, et que les 20 molaires et les dents canines différaient de celles du *Simia Wurmbii*, parce qu'elles étaient plus petites relativement aux dents incisives.

» Les caractères tirés du crâne chez le *Simia Morio* correspondent néanmoins à ceux assignés par M. Dumortier à l'époque de l'adolescence du *Simia Wurmbii*; mais cela était à ma connaissance lorsque j'ai décrit la tête en question, et j'ai dit expressément « que la dimension et la forme » du crâne du *Simia Morio* pouvaient faire supposer au premier abord » un individu du Pongo parvenu à l'âge intermédiaire entre celui du Pongo » jeune et du Pongo adulte (2). » En conséquence, j'ai procédé à démontrer sa condition adulte : 1° en prouvant qu'il n'existait dans l'épaisseur des mâchoires aucune des dents appartenant à la seconde dentition, aucun germe des dents de remplacement ; 2° en démontrant que l'oblitération de certaines sutures du crâne, et spécialement des sutures maxillo-intermaxillaires (3) était complète. D'après cela il me paraît que M. Dumortier ne pourrait établir « la parfaite convenance entre ma description du crâne du *Simia Morio* et la sienne d'un jeune *S. Wurmbii* dans son *troisième état* » avant d'avoir commencé par démontrer que dans le crâne de l'Orang, à ce *troisième état*, il n'y a, pour les canines et incisives, aucun germe de dents de remplacement dans l'épaisseur des mâchoires, et que les sutures maxillo-intermaxillaires, ainsi que les sutures sagittales et une grande partie des

(1) *Société zoologique*, p. 1058.

(2) *Proceedings of the zool. Soc.*, 1836, p. 92.

(3) *Ibid*, p. 93.

sutures coronales sont oblitérées. M. Dumortier ne fait cependant pas mention de l'état des sutures du crâne dans son Orang adolescent, et à l'égard de l'état de la dentition, il dit seulement qu'il avait 16 molaires, ce qui aurait dû empêcher qu'il ne le confondît avec mon *Simia Morio*, qui en avait 20. J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie trois dessins du crâne de mon *Simia Morio* (n°s 1 et 2), et je présente en même temps une figure du crâne d'un jeune *Simia Wurmbii* (n° 3), correspondant pour le nombre des molaires avec le *troisième état* de M. Dumortier, mais différant du *Simia Morio*, en ce qu'il a les $\frac{2}{2} \cdot \frac{2}{2}$ biscupides ou fausses molaires cachées dans l'épaisseur des mâchoires. Les dents canines permanentes, les deux dents incisives latérales de la mâchoire supérieure, et les deux dernières molaires vraies ne sont pas non plus sorties dans ce crâne adolescent du *Simia Wurmbii*. Il diffère encore du crâne du *Simia Morio* par la persistance ou la présence des sutures maxillo-intermaxillaires et des sutures coronales et sagittales; d'ailleurs, il s'en rapproche beaucoup par ses dimensions et par sa forme, ainsi que par la condition des crêtes musculaires qu'il présente.

» Quoique j'aie ainsi prouvé suffisamment, je l'espère, que mon *Simia Morio* ne se confond par aucun point essentiel avec le *Simia Wurmbii* adolescent, on pourrait demander si le quatrième état de M. Dumortier ne serait pas représenté par le *Simia Morio*. M. Dumortier dit « que, dans cet état, » l'animal a sa dentition complète et est arrivé à l'âge adulte »; il faut donc en conclure que les dents sont au nombre de 32 et toutes dents permanentes; et, comme d'ailleurs M. Dumortier ne dit rien qui y soit contraire, je présume que les couronnes de ces dents (qui ne grossissent plus après qu'elles sont poussées) présentent les mêmes dimensions proportionnelles que celles du *Simia Wurmbii* adulte. Mais dans ce cas le *Simia Morio* doit différer beaucoup du *Simia Wurmbii* dans le quatrième état de M. Dumortier, attendu que dans le *Simia Morio* les dents canines et les molaires sont plus petites proportionnellement aux incisives, ainsi qu'il est indiqué avec tous les détails nécessaires dans la Table comparative des mesures jointe à ma communication originale sur ce sujet (1).

» Je dois faire remarquer de nouveau que l'état des dents dans le crâne du *Simia Morio*, dont les incisives sont bien complétement sorties de l'alvéole et ont la couronne à moitié usée, tandis que les molaires ont perdu

(1) *Proceedings of the zool. Soc.*, 1836, p. 96.

par la trituration leurs impressions linéaires irrégulièrement radiées, je dois faire remarquer, dis-je, que cet état indique un animal qui n'était pas parvenu très récemment à sa maturité, comme cela résulte des mêmes signes pour le *Simia Wurmbii* décrit par M. Dumortier, et qui était à son 4ᵉ état. En outre, M. Dumortier rapporte que dans le crâne du *Simia Wurmbii*, au 4ᵉ état, les crêtes occipitales, par l'effet de la jonction de leurs extrémités supérieures, ne forment qu'un seul bourrelet demi-circulaire, et que l'occiput est entièrement aplati, ce qui diffère tout-à-fait de l'état du crâne du *Simia Morio* dans lequel l'occiput est convexe et les crêtes occipitales sont séparées l'une de l'autre par un large intervalle. Mais quel était l'état des sutures du crâne et des sutures intermaxillaires dans le 4ᵉ état du *Simia Wurmbii?* M. Dumortier ne donne aucun détail sur ce point si intéressant et si important. Il garde également le silence sur un autre point qu'il aurait pu contribué à éclaircir par l'examen des nombreux specimen qu'il a eu le bonheur d'avoir à sa disposition; je veux parler des différences sexuelles qui se manifestent dans les dents permanentes, et particulièrement dans les dents canines.

» M. Temminck, dans sa dernière et excellente *Monographie de l'Orang*, qui a été publiée postérieurement à la communication que je fis à la Société zoologique de Londres, a signalé la différence dans le développement des dents canines du mâle et de la femelle de l'Orang adulte. Je soupçonnais depuis long-temps cette différence sexuelle, parce que dans le crâne d'un Orang femelle adulte de Sumatra donné au Musée des Chirurgiens par sir St. Raffles, j'avais trouvé les dents canines plus petites et les crêtes craniennes moins développées que dans des crânes de mâles adultes de Sumatra et de Bornéo; cependant c'est le célèbre professeur de Leyde qui a établi, d'une manière incontestable, cette différence sexuelle. On pourrait demander si le *Simia Morio* représente la femelle adulte du *Simia Wurmbii?* J'ai répondu négativement à cette question (1) après avoir comparé attentivement et en détail le crâne du *Simia Morio* avec celui de la femelle adulte du *Simia Wurmbii*. Les dents canines du *Simia Morio* sont plus petites, et la dimension totale du crâne est moindre; l'occiput est arrondi et convexe, au lieu d'être aplati, et les crêtes occipitales sont séparées au lieu de se toucher. D'ailleurs, M. Temminck, qui a eu occasion d'examiner le crâne du *Simia Wurmbii* femelle, à tout âge (et l'on ne doit faire la

---

(1) *Mémoires de la Société zoologique*, page 168.

comparaison entre le *Simia Wurmbii* et le *Simia Morio* qu'à un âge avancé); M. Temminck (1), dis-je, déclare explicitement qu'il n'a pu découvrir d'autre différence dans le crâne du mâle et de la femelle du *Simia Wurmbii* adulte, que la dimension, la forme et la direction des dents canines; or, si cette remarque du savant professeur est entièrement exacte, le *Simia Morio* doit différer beaucoup du *Simia Wurmbii* femelle, tant pour la dimension totale, que pour la forme du crâne et le développement de ses crêtes.

» Je crois avoir prouvé, à la satisfaction de l'Académie, qu'en faisant la description du crâne du *Simia Morio*, j'ai pris toutes les précautions requises, afin d'éviter l'erreur dans laquelle M. Dumortier suppose que je suis tombé *en prenant les signes de l'adolescence pour ceux d'une distinction spécifique;* mais qu'au contraire je suis le premier qui ait indiqué clairement l'existence d'un Orang-Outang qui est bien plus anthropoïde par les caractères craniens que les adultes des deux sexes de l'espèce ordinaire du *Simia Wurmbii.* Maintenant si quelques naturalistes hésitent à voir avec moi, dans toutes ces différences, des signes indicatifs d'une nouvelle espèce, il faudra qu'ils y voient au moins les caractères d'une variété bien déterminée, je dirais volontiers d'une variété *extrême* de l'Orang de Bornéo (*Simia Wurmbii*), et dans aucun cas, comme le suppose M. Dumortier, ceux d'un état de développement incomplet.

» Avant de terminer cette Note, je dois ajouter que le manque d'ongle du gros orteil n'est pas un signe de maturité, comme le passage suivant du Mémoire de M. Dumortier (2) pourrait le faire croire, puisque cela est abondamment réfuté par les faits nombreux déjà cités de l'absence de cet ongle, dans de très jeunes Orangs. D'ailleurs, lorsque cet ongle existe, la seconde phalange unguéale existe aussi, et quand l'ongle manque, la phalange manque également. (Voyez *Camper, OEuvres,* tomes..., p. 54, et *Zool. trans.,* tome..., p. 367.)

---

(1) « Les mâles sont pourvus de canines bien plus fortes que les femelles, qui » les ont régulièrement coniques et droites, tandis que celles des mâles ont des » dimensions robustes, relativement aux autres dents, et que leur direction se » trouve fortement prononcée en dehors. Nous n'avons pu découvrir aucune autre » différence entre les crânes des deux sexes. » *Monographies de Mammalogie,* n° XII, page 131.

(2) « *Sixième état.* L'orteil qui jusque là avait existé en rudiment, disparaît, et » l'on n'en aperçoit plus que la trace. » *Loc. cit.*, p. 1059.

» Je dois faire observer en dernier lieu, que l'opinion de quelques naturalistes au sujet de la différence spécifique des deux Pongos désignés sous les noms de *Pithecus Abelii* et *P. Wurmbii*, est fondée sur des bases plus solides que celles alléguées par M. Dumortier. Les différences que j'ai mentionnées ailleurs pour le *Pithecus Abelii* n'ont pas été établies « sur la peau sans squelette »; toutes mes observations sur la probabilité de différence spécifique du grand Orang de Bornéo et de celui de Sumatra ont été faites en comparant leur squelette et spécialement leur crâne. (Voyez *Mémoires et travaux* (*proceedings*) *de la Société zoologique de Londres.*)

» J'ai actuellement l'honneur de présenter à l'Académie deux dessins de crânes d'un Orang mâle adulte de Sumatra, nos 4 et 5, et de semblables dessins du crâne d'un Orang mâle adulte de Bornéo (6 et 7), qui, si on les considère comme de simples variétés, prouvent que le *Simia Satyrus* de Linnée est sujet à une plus grande variété dans l'état de nature, qu'on ne l'a observé jusqu'à présent dans aucune autre espèce de quadrumanes. »

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur l'équilibre des températures dans un ellipsoïde homogène et solide; par* M. G. Lamé, professeur à l'École Polytechnique.

(Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Lacroix, Poisson, Sturm.)

« Le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter au jugement de l'Académie, a pour objet la recherche des lois qui régissent l'équilibre de la chaleur dans un corps, solide et homogène, terminé par une surface de forme ellipsoïdale. Je ne considère dans ce travail que le cas le plus simple, celui où la paroi extérieure du corps serait directement entretenue à des températures fixes, mais variables d'un point à l'autre de cette surface.

» Dans la sphère, la température est exprimée, d'après Laplace, par une série, dont chaque terme se compose d'une puissance du rayon, multipliée par une puissance entière et rationnelle des sinus et cosinus de la latitude et de la longitude. D'où il suit que ces deux dernières coordonnées ne sont pas séparées, c'est-à-dire qu'elles n'entrent pas chacune exclusivement, comme le rayon, dans un des facteurs du terme général de la série.

» Or, on peut faire disparaître ce défaut de symétrie, en rapportant la sphère à un autre système de coordonnées : il faut prendre pour surfaces orthogonales, conjuguées à la sphère, des cônes obliques, ou à bases elliptiques, asymptotes à des hyperboloïdes à une et à deux nappes ayant mêmes foyers. Par cette transformation, chaque terme de la série qui représente la température dans la sphère, est le produit de trois facteurs variables, contenant respectivement une seule des trois coordonnées. Chacun des deux derniers est une fonction entière et rationnelle des trois axes de l'hyperboloïde correspondant; les coefficients des différents termes de cette fonction contiennent une racine incommensurable, mais essentiellement réelle; ils sont identiquement les mêmes pour les deux facteurs, entre lesquels il y a symétrie complète.

» Cette représentation nouvelle de la solution du système sphérique ne pourrait être préférée, lors des calculs numériques, à celle dont les géomètres font usage, à cause de la complication résultant de l'incommensurabilité des racines qui particularisent chaque terme, et de la nécessité où l'on serait de la faire disparaître, en sommant, par la méthode des fonctions symétriques, les termes correspondants aux racines d'une même équation. Mais cette solution transformée, qui conduit à une expression analytique des températures dans la sphère, ni plus ni moins générale que celle donnée par Laplace, a sur cette dernière le grand avantage d'indiquer de suite comment doit se composer la solution qui concerne l'ellipsoïde à trois axes inégaux.

» En effet, le système sphérique, rapporté aux cônes obliques, est évidemment la limite du système ellipsoïdal, rapporté à trois surfaces orthogonales du second ordre, ayant mêmes foyers; d'où il suit que pour passer du premier au second, il n'y a rien à changer aux deux derniers facteurs du terme général de la série qui représente la température, puisque les coordonnées qu'ils contiennent sont identiquement les mêmes dans les deux cas; toutes les modifications doivent se concentrer sur le premier facteur, qui de fonction du rayon de la sphère, doit devenir une fonction des axes de l'ellipsoïde isotherme, conjugué aux deux autres surfaces coordonnées.

» D'après cela, on doit pouvoir trouver l'expression de la température dans l'ellipsoïde, en complétant, par une méthode analogue à celle de la variation des constantes arbitraires, le facteur de chaque terme de la série relative à la sphère, qui ne contient que le rayon. Or, pour le cas uniquement traité dans ce Mémoire, ce facteur est une puissance, dont

l'exposant est entier et positif; d'où il suit que la méthode des variations dont il s'agit, ne pourra que le transformer en une fonction entière et rationnelle des axes de l'ellipsoïde, et que la série, ainsi complétée dans chacun de ses termes, sera tout aussi générale pour l'ellipsoïde que la solution de Laplace pour la sphère. . . . .

» Telles sont les considérations qui m'ont conduit à la loi des températures dans l'ellipsoïde à trois axes inégaux, quand la surface est directement entretenue à des températures fixes, mais variables d'un point à l'autre de cette surface. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveaux chemins de fer de* M. CLEGG.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Poncelet, Coriolis et Séguier.)

M. *Clegg* n'a pas besoin, dans son système, de machines à vapeur locomotives : la force motrice est la pression atmosphérique.

Couchons par terre un long cylindre métallique, parallèlement aux rails sur lesquels roulent les roues des voitures dans les chemins en fer ordinaires. Concevons que ce cylindre soit fermé, à une de ses extrémités, par une soupape s'ouvrant de dedans en dehors, à l'extrémité opposée, par un piston; supposons encore qu'on y ait fait vide. Le piston sera poussé alors avec force par l'atmosphère, de l'extrémité qu'il occupe vers celle que ferme la soupape, et, si rien ne l'arrête, il parcourra toute la longueur du cylindre avec beaucoup de vitesse. Cette vitesse se transmettrait en partie à des objets extérieurs, à des voitures par exemple, si sans enlever au cylindre la propriété de conserver le vide, on parvenait à lier ces objets, ces voitures au piston mobile. Tel est précisément le problème que M. *Clegg* croit avoir résolu, et à l'aide de moyens assez simples pour qu'on puisse espérer de les substituer aux locomotives.

Le cylindre couché à terre entre les deux rails, offre à sa partie supérieure, une ouverture longitudinale d'une certaine largeur et qui s'étend d'une des extrémités du tuyau jusqu'à l'autre. C'est par là que passe le bras métallique qui réunit le piston au premier chariot. Il faut maintenant expliquer comment cette ouverture après avoir donné une première fois passage au bras, peut se refermer de manière à conserver le vide qu'il sera nécessaire de faire dans le tuyau pour un second voyage. Voici, textuellement, ce que dit M. *Clegg* de son moyen de fermeture :

» La surface du tuyau de chaque côté de l'ouverture, sur une largeur d'environ un pouce et demi, est rendue plane; sur ces surfaces aplanies et sur l'ouverture est posée une bande de cuir qui règne dans toute la longueur du tuyau. Un des bords de la bande de cuir est boulonné sur le tuyau, de manière à clore hermétiquement par les procédés généralement employés pour rendre les soupapes hermétiques. Le bord opposé de ladite bande tombe dans une gouttière ou rainure d'une profondeur à peu près égale à l'épaisseur du cuir. Cette gouttière est remplie de suif, ce qui rend ce bord de la soupape aussi hermétique que celui fixé sur le tuyau.

» Chaque fois que la soupape est soulevée (par le moyen du bras lié au piston), et qu'elle retombe dans la gouttière, le suif est amolli par un chauffoir fixé au chariot remorqueur ; il est lissé ensuite par un doigt qui exerce dessus un léger frottement, et le joint est ainsi rendu hermétique comme auparavant, avec une vitesse égale à celle des chariots.

» La bande de cuir porte en-dessus et en-dessous des plaques métalliques d'environ six pouces de long et à peu de distance l'une de l'autre; la plaque inférieure est presque de la longueur de l'ouverture du tuyau, et la plaque supérieure s'étend depuis le bord de la soupape plongeant dans le suif jusqu'à trois quarts de pouce de l'autre bord de la soupape; par ce moyen la soupape est rendue flexible et cède avec la plus grande facilité à la barre liée au piston.

» Toute la soupape est protégée contre les intempéries des saisons, par un couvercle fait de cuir sans plaque métallique; il est soulevé par le même appareil qui soulève la soupape. »

Les avantages du nouveau système sont, suivant M. *Clegg* :

Économie dans la construction du chemin;

Suppression de la dépense excessive que la réparation des locomotives exige;

Suppression de tout danger d'explosion;

Impossibilité que les convois sortent des rails;

Possibilité de parcourir sans danger des courbes de rayons assez courts;

Suppression des secousses si désagréables qui, dans les locomotives ordinaires, résultent des coups brusques de la bielle de la machine;

Etc., etc.

Au premier coup d'œil on aurait droit d'être étonné qu'en ajoutant de larges tuyaux de métal aux pièces, aux rails des chemins de fer ordinaires, il puisse en résulter de l'économie; mais il faut remarquer que M. *Clegg* espère pouvoir supprimer tous les viaducs, tous les tunnels;

qu'il aurait besoin d'acheter notablement moins de terrain; que ses rails seraient bien plus légers qu'aujourd'hui.

M. *Clegg* compte partager son long tuyau par parties de 2000 mètres au plus. Le vide ou la raréfaction s'y opérerait à l'aide de machines à vapeur *fixes* et par l'intermédiaire de récipients d'un grand volume. Les machines seraient chacune de la force de 15 chevaux; les tuyaux auraient environ un tiers de mètre de diamètre.

Pressé par le temps, nous ne pouvons donner aujourd'hui qu'une idée très superficielle du système de M. *Clegg*. Nous en reparlerons quand les Commissaires auront fait leur rapport. Nous dirons seulement en terminant qu'il existe déjà à Paris un échantillon du *chemin pneumatique*, qui a fonctionné devant un grand nombre de personnes.

CHIRURGIE. — *Note sur un signe nouveau des épanchements de sang dans le crâne, et de la fracture du rocher du temporal pénétrant dans la caisse du tympan; par* M. **Laugier**.

(Commissaires, MM. Serres, Roux, Breschet.)

« Ce signe, dit M. Laugier, consiste dans l'écoulement par l'oreille d'une plus ou moins grande quantité d'un liquide aqueux, d'abord légèrement teint de sang, mais bientôt parfaitement limpide et incolore, qui n'est autre que la sérosité du sang épanché et contenu dans la cavité du crâne, entre la dure-mère et les os. Les mouvements du cerveau expriment peu à peu la sérosité du caillot, et celui-ci est réduit en quelques jours à un mince feuillet, qui ne peut exercer de compression sur la masse cérébrale.

» L'écoulement de ce fluide aqueux à lui seul, et indépendamment de tout autre phénomène, indique sûrement:

» 1°. L'existence d'une fracture du rocher;

» 2°. La disposition de cette fracture en simple félure, car une fracture plus large laisserait passer tout le sang, et n'agirait pas à la manière d'un filtre;

» 3°. La présence d'un épanchement de sang dans l'intérieur du crâne, reposant sur la félure du rocher, disposition importante, si l'on croyait devoir recourir à l'opération du trépan.

» Ce fait rare, car il n'est signalé, que je sache, dans aucun ouvrage, s'est présenté à moi d'abord en 1835 à l'hôpital Necker, puis en 1838 à l'hôpital Beaujon, sous les yeux de M. le professeur Marjolin, comme moi chirurgien de l'hôpital Beaujon.

» Une remarque singulière, et qui aurait pu jeter quelques doutes sur l'identité du liquide écoulé par l'oreille et de la sérosité du sang, c'est que, dans les deux cas, il ne s'est coagulé ni par la chaleur, ni par les acides. Il ne contient donc pas d'albumine. Mais le résultat des autopsies dissipe toute incertitude sur son origine. »

MÉCANIQUE. — *Mémoire sur les engrenages; par* M. THÉODORE OLIVIER.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Poncelet.)

L'auteur s'occupe dans son Mémoire de plusieurs engrenages nouveaux ou mal appréciés. Parmi les modèles qui ont fonctionné sous les yeux de l'Académie, on a particulièrement remarqué l'engrenage, totalement neuf, à l'aide duquel, sans rien sacrifier des propriétés de ce mode de communication de mouvement, M. Olivier fait tourner deux axes qui ne sont pas situés dans un même plan. Jusqu'à présent, quand une machine offrait des axes de cette espèce, on recourait à un troisième axe qui rencontrait les deux premiers. Cet axe auxiliaire portait deux roues dentées engrenant coniquement avec les roues des deux axes donnés. Il y avait donc quatre roues et trois axes là où, dans le cas de la rencontre des deux axes donnés, il aurait suffi d'armer chacun de ces axes d'une roue. Grâce à M. Olivier, le cas général se trouve aujourd'hui ramené au même degré de simplicité.

Nous reviendrons sur cette question importante de mécanique pratique, quand les Commissaires auront fait leur rapport.

MATHÉMATIQUES. — *Sur une formule de Vandermonde, et son application à la démonstration d'un théorème de M. Jacobi; par* M. LEBESGUE.

(Commissaires, MM. Lacroix, Libri, Sturm.)

PHYSIQUE. — *Nouvelles expériences sur les propriétés électriques de la Torpille; par* le père SANTI LINARI, professeur à l'Université de Sienne.

(Commissaires, MM. Biot, Becquerel, Breschet, Pouillet.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Appareil pour l'extraction du jus sucré de la betterave; par* M. SOREL.

(Commissaires, MM. Gay-Lussac, Savart et Dumas.)

L'Académie devant s'occuper prochainement de l'examen d'un appareil (le Lévigateur) inventé par M. le professeur Pelletan, destiné à l'extraction du jus de betterave, M. Sorel demande que la même Commission soit

chargée d'examiner un appareil qu'il a inventé pour servir aux mêmes usages.

« Dans cet appareil pour lequel, dit l'auteur, la Société d'Encouragement m'a décerné, il y a déjà deux ans, une médaille, le jus est extrait par voie de déplacement ou de substitution de l'eau au jus dans la pulpe. Le principe d'extraction est basé sur la différence de pesanteur spécifique qui existe entre l'eau et le suc de la betterave. Cet appareil diffère principalement dans son mode d'action de celui de M. Pelletan, en ce que la pulpe n'est nullement déplacée, ce qui permet d'obtenir un jus plus clair et moins chargé de matières étrangères ; on reconnaîtra aussi, je l'espère, qu'il exige moins d'eau et dépouille plus complétement la pulpe de matières ucrée. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Additions à un précédent Mémoire sur un nouveau procédé pour parcourir les courbes des chemins de fer; par* M. **Vilbach.**

(Commission déjà nommée.)

M. **Leroy de Chantigny** adresse un Mémoire ayant pour titre : *Observations sur la polarité de tous les corps de la nature.*

(Commissaires, MM. Becquerel, Dumas, Pouillet.)

M. **Debidas** adresse un Mémoire sur l'*Enseignement du levé des plans, de l'arpentage et des nivellements.*

(Commissaires, MM. Puissant, Savary.)

M. **Baillet-Sondalot** présente une *Table abrégée des lignes trigonométriques.*

(Commissaires, MM. Puissant, Savary.)

M. **Laignel** demande que l'Académie veuille bien charger une Commission d'examiner divers appareils destinés à mesurer la *force moyenne du vent dans un intervalle de temps donné*, la *profondeur des courants sous-marins*, leur *température* à diverses profondeurs, etc.

(Commission nommée pour d'autres appareils de M. Laignel.)

M. **Selligues** adresse une Note tendant à prouver qu'il a, sur M. Gaudin, l'antériorité relativement à un « système d'éclairage qui consiste à mettre du carbure d'hydrogène dans une position telle qu'il puisse être

entraîné en vapeurs par un courant de gaz non éclairant qui devient éclairant quand on le brûle mélangé de ces vapeurs.

» Mon système, au reste, ajoute M. Selligues, n'est que l'importation de celui de M. Donovan, de Dublin. »

(Commissaires, MM. Arago, Becquerel, Darcet.)

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. —*Phosphorescence du sulfate de baryte calciné; communication de* M. ARAGO *sur quelques expériences de* M. DAGUERRE.

Dans l'innombrable série d'essais auxquels M. Daguerre s'était livré avant de découvrir le procédé qui lui sert aujourd'hui à conserver avec une si admirable précision les images de la chambre obscure, il avait un moment dirigé ses idées sur les substances phosphorescentes.

D'après tout ce que cet ingénieux artiste nous a rapporté, il ne semble guère douteux que son moyen de rendre le sulfate de baryte lumineux, ne soit supérieur à ceux dont on a fait usage jusqu'ici, particulièrement à Bologne. Les physiciens nous sauront donc quelque gré de leur faire connaître le nouveau procédé. Le voici tel qu'il était textuellement consigné dans les notes de M. Daguerre.

« 1824. — *Moyen de rendre le sulfate de baryte très phosphorescent par son exposition au soleil.*

« Il faut prendre un os à moelle, le choisir le plus épais possible, le dégraisser en le faisant bouillir, retirer la moelle et enfin le dessécher. On pulvérise le sulfate de baryte dans un mortier (le cuivre et la fonte ne conviennent pas, parce qu'après l'opération, des parcelles de cuivre ou de fonte adhèrent au sulfate; le mortier de verre est le seul qu'on puisse employer à cet usage); on emplit de sulfate pulvérisé la partie creuse de l'os, à l'exception d'un espace laissé pour pouvoir bien luter l'ouverture. On met l'os ainsi préparé dans un bout de tuyau en tôle ou en fonte ayant un fond, et d'une hauteur excédant assez celle de l'os, pour que cet os soit non-seulement entouré, mais encore garni en-dessus et en-dessous d'une terre réfractaire.

» Lorsque l'appareil est ainsi disposé, on le met dans un fourneau pour le tenir rouge au moins pendant trois heures. Puis on laisse refroidir. Ensuite il faut, pour retirer l'os avec soin, renverser l'appareil, en faire tomber la terre réfractaire et saisir l'os qu'on reçoit sur une feuille de papier. L'os doit être alors très blanc; s'il était noir ou seulement gris, ce serait signe qu'il n'aurait pas été assez calciné.

» En sortant de l'appareil l'os étant fendu, se sépare facilement et l'on trouve au milieu le sulfate de baryte qui a pris une certaine consistance. On le sépare de l'os et on le reçoit dans une assiette ou dans une boîte de carton. Il a une petite teinte jaunâtre légèrement soufrée, et il est très phosphorescent lorsqu'il est présenté à la lumière même diffuse. Si l'on voulait l'avoir encore plus brillant, on ferait subir deux ou trois fois à ce même sulfate la calcination dans de nouveaux os et de la manière ci-dessus décrite. Par une calcination trois fois répétée, le sulfate de baryte avait acquis une telle propriété lumineuse, qu'il éclairait la pièce : il conservait assez long-temps cette propriété phosphorescente puisque, tout en diminuant d'intensité, il était encore visible quarante-huit heures après sa présentation à la lumière. Cette propriété phosphorescente ne se perd que très lentement : au bout de trois ans elle était encore évidemment sensible à la lumière. »

Après avoir exposé quelques instants à la lumière solaire une assiette remplie de la poudre phosphorescente sur laquelle *reposait* un petit disque de verre bleu, M. Daguerre fit une remarque singulière : la portion de poudre que le disque recouvrait, brillait notablement plus dans l'obscurité, que celle où la lumière était arrivée librement, sans affaiblissement, sans coloration aucune.

Il serait important, a dit M. Arago, de répéter cette expérience en plaçant le verre bleu, non plus en *contact* avec la poudre, mais à une grande distance. Il serait bon aussi, pour éviter toute action calorifique, d'opérer avec la lumière diffuse atmosphérique. Si avec ces nouvelles conditions le résultat restait le même, il en faudrait conclure que parmi les divers rayons composant la lumière solaire blanche, il en est (et dans le nombre il faudrait ranger plusieurs de ceux qu'arrêtait le verre bleu en question) qui non-seulement n'excitent pas la phosphorescence quand ils sont mêlés aux autres rayons, mais qui même sont un obstacle à son développement.

La poudre de sulfate de baryte donna lieu à un autre phénomène qui, suivant toute probabilité, devra être rapporté, non à la phosphorescence par insolation, mais à la phosphorescence par échauffement. M. *Daguerre* transportant un jour *sur sa main* étendue et dans l'obscurité, l'assiette couverte de poudre, aperçut ses doigts comme s'ils émettaient de la lumière, et comme si l'assiette et la poudre étaient devenues transparentes. La lumière qui dessinait les doigts, qui semblait en sortir, surpassait en intensité celle dont la poudre brilla, quand l'assiette fut déposée sur la plaque échauffée d'un poêle.

Après cette communication de M. Arago, M. Biot ajoute ce qui suit :

« M. *Daguerre* m'a remis un morceau du même verre bleu avec lequel il a observé le singulier effet que vient de raconter M. Arago. Comme tout autre verre coloré, la teinte qu'il transmet n'est pas simple. Ce n'est qu'une résultante formée par la somme des rayons simples que le verre transmet, parmi tous ceux qui composent la lumière blanche incidente. Pour connaître les éléments de cette somme, avec une approximation suffisante au but que je me proposais, j'ai réfracté très obliquement la flamme d'une bougie par un prisme de flint-glass très dispersif, ayant un angle de 60°; et j'ai interposé le verre bleu de M. Daguerre dans le trajet du spectre, qui arrivait à mon œil. Étudiant alors la portion transmise, j'y ai remarqué d'abord deux images rouges de la bougie, nettement distinctes, que séparait un intervalle noir. Les deux extrémités du rouge étaient donc transmises et le rouge moyen absorbé. En outre, l'image rouge la plus réfrangible paraissait aussi complétement distincte et détachée du jaune qui la suivait, quoiqu'elle n'en fût pas séparée par un intervalle sensible. De sorte que l'orangé, qui occupe un très petit espace, pouvait être absorbé totalement, et même aussi une très petite portion du jaune le moins réfrangible. Toutes les autres couleurs, à partir de ce jaune, passaient très abondamment, et le reste du jaune était fort considérable ainsi que le vert. J'ai confirmé cette abondante transmission du jaune, en réfractant par le même prisme, la flamme donnée par un petit tas de sel ordinaire légèrement humecté d'alcool; car M. Talbot a découvert que la lumière de cette flamme, quand l'alcool y est bien ménagé, est presque d'un jaune simple, auquel se joignent toutefois aussi du vert, du bleu et du violet, mais en proportions beaucoup plus faibles. Or la lumière totale de cette flamme étant vue à travers le verre bleu de M. Daguerre, soit directement, soit après sa dispersion par le prisme, s'y transmettait fort abondamment. Enfin, j'ai encore vérifié ces résultats sur la lumière blanche des nuées, admise par une fente étroite dans une chambre obscure, après l'avoir dispersée par le même prisme réfringent; mais la mauvaise saison rendait cette épreuve moins commode que les précédentes qui d'ailleurs suffisaient pour une évaluation approchée.

» Alors, pour apprécier numériquement la teinte résultante transmise par ce verre, j'ai supposé que cette teinte devait contenir tous les éléments de la lumière blanche, privés de $\frac{1}{3}$ du rouge, de tout l'orangé et de $\frac{1}{5}$ du jaune; puis j'ai calculé la teinte que les éléments transmis devaient donner, en me servant des formules établies pour cela dans mon *Traité*

de Physique, tome III, p. 451, et dans les *Mémoires de l'Académie*, tome II, pag. 67; tome XIII, pag. 59. La règle expérimentale donnée par Newton, sur laquelle ces formules sont fondées, est liée aux propriétés les plus intimes de la lumière; et la justesse de son application est aujourd'hui attestée par des épreuves si multipliées, comme si délicates, qu'on ne saurait, je crois, la révoquer en doute. Or ici les valeurs des variables U et Δ, qui s'en déduisent, et qui expriment les caractères de la teinte résultante *sensible*, se sont trouvées être

$$U = 257°52'32''; \qquad \Delta = 0,292783; \qquad 1 - \Delta = 0,707017.$$

La valeur de U indique pour la teinte résultante, un bleu approchant de la limite du bleu et de l'indigo purs. La valeur de Δ indique que cette teinte équivaut, *pour l'œil*, à celle que l'on formerait directement en mêlant 29 parties de ce bleu pur, pris dans la lumière du spectre, avec 71 parties de blanc, ce qui doit composer en effet une très belle teinte bleue, comme est aussi celle que l'œil perçoit quand il regarde à travers le verre la lumière blanche des nuées. De sorte que la perception de ce bleu n'est qu'un effet résultant, produit dans l'œil par la somme totale des rayons que le verre lui transmet, et parmi lesquels les bleus purs sont associés à beaucoup d'autres. »

PHYSIQUE CHIMIQUE. — *Note de* M. **Biot** *sur un papier sensible préparé par* M. Daguerre.

« M. *Daguerre* ayant appris par moi, le grand service qu'il pourrait rendre aux physiciens, en leur indiquant pour leurs expériences, une préparation qui fût plus promptement sensible à l'action de la lumière que ne le sont celles qui ont été jusqu'ici publiées, il a bien voulu m'en faire connaître une qu'il avait obtenue dès 1826, et qui a éminemment cet avantage. Comme, d'ailleurs, celle qu'il emploie aujourd'hui pour ses tableaux est encore bien plus prompte, qu'elle reproduit les clairs et les ombres avec leurs caractères propres, et qu'enfin elle est fondée sur des principes tout-à-fait différents de celle dont il m'a parlé, il m'a autorisé à présenter celle-ci de sa part à l'Académie; et je me suis chargé de cette mission d'autant plus volontiers, que j'ai plus récemment regretté de n'avoir pas à ma disposition un pareil instrument de recherche : peu importe en effet, pour de simples expériences de physique, que les clairs et les ombres des objets soient ou ne soient pas intervertis, pourvu que l'effet de la radiation soit manifesté presque instantanément.

» Voici la recette indiquée par M. Daguerre, recette dont il a réalisé en quelques instants l'exécution devant moi, et dont il m'a fait constater immédiatement l'excessive sensibilité, à la faible lumière diffuse que donnait hier l'atmosphère, à travers les vitres d'une fenêtre à quatre heures et demie du soir.

» Prenez du papier sans colle, ou collé légèrement, comme du papier d'impression; trempez-le dans de l'éther muriatique, *faiblement acidifié par l'effet de la décomposition lente qu'il éprouve avec le temps;* ou bien encore, appliquez ce liquide avec un pinceau-brosse assez doux; laissez sécher à l'air, ou faites sécher à une douce chaleur. Mais, de manière ou d'autre, attendez que la dessiccation soit tout-à-fait complète : cela est très essentiel.

» Prenez alors une dissolution de nitrate d'argent dans l'eau distillée, dissolution qu'il convient de tenir habituellement à l'abri de la lumière, dans un flacon parfaitement bouché à l'émeri; et trempez-y le papier séché qui a été imprégné d'éther muriatique. Vous pourriez aussi étendre cette dissolution avec un pinceau très doux; mais, comme on est alors obligé de l'étendre par raies successives et contiguës, M. Daguerre trouve que les bords par lesquels ces raies se touchent, étant, d'après la nécessité de leur succession même, accolés l'un à l'autre dans des conditions physiques différentes, ils prennent des états électriques dissemblables, dans la ligne de contact; ce qui fait qu'ensuite cette ligne est peu sensible à la lumière et se dessine en raie blanchâtre sur le fond. On évite cet inconvénient en trempant le papier dans le nitrate, ou *en versant* ce liquide sur une seule de ses faces avec égalité. Au reste, cette particularité, qui serait d'une grande conséquence pour des dessins, est sans inconvénient pour des expériences de physique, à moins que l'on n'eût à faire des comparaisons d'une complète rigueur.

» Faites alors sécher ce papier dans l'obscurité; et, si vous voulez accélérer la dessiccation par la chaleur, ne l'employez qu'excessivement faible. Car, lorsque cette préparation est encore humide, la radiation calorifique, même émanée des corps non lumineux, agit sur elle, dans le même sens que la lumière, pour la colorer. Si vous ne devez pas opérer de suite, avec le papier ainsi préparé, il faut le serrer, et le *presser,* dans un livre ou dans un portefeuille, pour que, non-seulement la lumière, mais l'air, ne puisse pas circuler autour.

» Ce papier étant exposé à la lumière solaire, ou à la lumière diffuse, soit directe, soit transmise à travers un écran de verre diaphane, se colore avec

une promptitude extrême, surtout s'il est encore humide; et il marque déjà des teintes très sensibles avant que le nitrate montre les moindres traces d'altération. La différence de rapidité se soutient dans toutes les phases de coloration par lesquelles le papier passe; et elle se manifeste à une époque quelconque par l'excès actuel de coloration de la portion préalablement imprégnée d'éther muriatique. On peut la fixer définitivement à tel degré voulu, et arrêter tout progrès ultérieur, en enlevant le nitrate qui n'est pas encore entré en combinaison. Pour cela il suffit de baigner le papier dans une quantité d'eau suffisante pour le bien laver; alors quand il est bien séché, mais sans chaleur, il n'est plus impressionnable à la lumière. Si l'on ne tient pas à conserver ce papier dans un état fixe et immuable de coloration, il suffit de le tenir enfermé à l'ombre dans un portefeuille, et de ne le regarder qu'à la lumière artificielle, surtout pendant les premiers jours qui suivent sa préparation. Car, à mesure que l'on s'éloigne de cette époque, sa sensibilité s'affaiblit, et il finit par n'être plus que très lentement excitable. M. Daguerre a remarqué que le lavage n'est pas également efficace sur toutes les pâtes de papier; mais n'ayant pas trouvé dans cette préparation les qualités qu'il y désirait sous le rapport de l'art, il n'a pas cru devoir s'en occuper plus long-temps.

» Les effets qu'on obtient par ce procédé, reproduisent nécessairement l'intensité de la lumière par une intensité de coloration; conséquemment, si on l'employait comme préparation du tableau de la chambre noire, les objets clairs, le ciel par exemple serait représenté en noir, et les objets noirs, comme les arbres, resteraient totalement blancs. Le procédé actuellement employé par M. Daguerre est exempt de cet inconvénient capital pour la reproduction de la nature en général; et l'un de ses principaux avantages est au contraire de distinguer, par un ménagement d'une extrême délicatesse, la dégradation des tons donnés par la perspective aérienne, telle que l'état momentané, et actuel, de l'atmosphère l'exige au moment où le tableau est fait.

» Tout liquide quelconque étant appliqué sur le papier, au lieu de l'éther muriatique acidifié, et avant le nitrate, détermine une teinte d'un ton différent et plus ou moins facilement impressionnable. La qualité même de la pâte dont le papier est fait, qu'il soit collé ou non collé, détermine aussi des différences de nuances. Mais, dans tous les cas, on peut toujours arrêter la progression de la coloration, à une époque quelconque, en renfermant, et pressant le papier, dans un livre, où il soit à l'abri de la lumière et de l'air.

» M. Daguerre a remarqué que l'intensité de la coloration, ainsi que son progrès, varient avec la nature des écrans diaphanes, colorés ou incolores, que l'on interpose dans le trajet de la lumière solaire, soit directe, soit diffuse, qui agit sur le papier ainsi préparé. Mais il a surtout varié et suivi ces effets des écrans, dans leur application à la substance infiniment sensible dont il compose aujourd'hui ses tableaux, ou plutôt qui les dessine elle-même sous l'influence de la radiation qui la modifie. Et, non-seulement les conséquences pratiques qu'il en a tirées lui ont servi pour donner à sa découverte de nouveaux et importants usages qu'il n'a pas rendus publics encore, mais le seul énoncé des résultats qu'il a ainsi observés, et qu'il a su saisir avec une sagacité rare, suffisent déjà presque, à ce qu'il me semble, pour indiquer avec une probabilité très grande, sinon pour définir complétement les caractères physiques de la radiation qui produit de si étonnants effets. Car il ne faut plus que joindre, aux observations déjà faites par M. Daguerre, les résultats que l'on obtiendra par l'emploi des écrans diaphanes mixtes, comme on va voir que nous l'avons fait, M. Becquerel et moi, pour analyser la portion de la radiation émanée de l'étincelle électrique qui produit la phosphorescence à distance (1). M. Daguerre a déjà bien voulu faire pour moi, par ce procédé, diverses expériences sur ce que j'appellerais volontiers *les sensations* de la précieuse substance qu'il possède. Mais, en attendant qu'elle nous soit connue, rien n'empêchera d'analyser ainsi la manière dont la radiation solaire, soit directe, soit diffuse, affecte le papier sensible qu'il vient de nous donner; et j'espère pouvoir communiquer très prochainement à l'Académie les résultats de cette recherche : car il ne faut que disposer commodément l'appareil à écrans mixtes, pour faire les expériences dans l'obscurité.

» A la suite de cette communication, M. Biot présente à l'Académie de nombreux échantillons de papiers ainsi préparés par M. Daguerre, en choisissant des liquides très divers pour précéder l'application du nitrate. Il en fait remarquer les caractères et les accidents, conformes à la description qui vient d'être donnée. Il ajoute que plusieurs de ces échantillons ont été préparés en sa présence, et qu'il a vu lui-même la promptitude des changements qu'ils ont éprouvés sous l'influence de la faible radiation que l'atmosphère transmettait à travers les vitres d'une fenêtre, à quatre heures et demie du soir, par un temps couvert. »

---

(1) Cette Note avait été lue avant la communication faite dans cette même séance au nom de MM. Becquerel et Biot.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la dernière éruption du Vésuve.* — Extrait d'une lettre de M. LÉOPOLD PILLA à M. *Élie de Beaumont.*

« Je m'empresse de vous donner des nouvelles de la dernière éruption du Vésuve, qui a été la plus belle de celles que j'ai eu l'occasion d'observer. Je suis sûr que vous n'apprendrez pas sans intérêt les faits qui se rapportent à cette éruption, puisqu'ils tiennent de près à la science.

» L'éruption commença le premier jour de l'année, à six heures du matin ; on vit s'élever de la bouche du volcan une grande colonne de fumée noire et fuligineuse sous la forme de gros tourbillons, et cette couleur, que la fumée du Vésuve prend presque toujours à la fin des éruptions, on l'a observée cette fois dans le commencement. En même temps, c'est-à-dire après peu de minutes, il tomba à Naples une pluie lâche de très petits lapilli, qui étaient très remarquables, parce que je n'ai jamais vu, depuis que je m'applique à l'étude de notre volcan, et personne non plus n'avait vu tomber à Naples une pluie volcanique de cette forme. Les plus gros de ces lapilli étaient de la grandeur d'un pois; leur couleur tirait sur le brun verdâtre; ils étaient boursouflés et bulleux, à parois si souples et si minces qu'ils se broyaient au moindre toucher, et ils flottaient sur l'eau. On pouvait les comparer à des globules d'obsidienne boursouflés au chalumeau. Le barreau aimanté n'avait d'action ni sur eux ni sur leur poudre. Pendant cette petite pluie, il soufflait un vent de N.-E. ; et il est inconcevable comment avec un tel vent ces corps volcaniques pouvaient tomber à Naples. Suivant moi, on doit admettre quelque autre cause qui ait pu les faire tomber à si grande distance du foyer volcanique et les emporter dans une direction contraire à celle du vent. Cette pluie ne dura que deux à trois minutes. A ces phénomènes, qui se passaient dans un silence menaçant, se joignit le débordement d'un courant de lave de l'intérieur du cratère, du côté de l'Hermitage. Ce courant, dans une demi-heure, atteignit non-seulement le pied du cône, mais encore il s'avança presque un mille au-delà ; vitesse remarquable, qu'à peine on pourrait supposer dans un courant d'eau. Dans le cours de la journée, les phénomènes volcaniques se ralentirent, et le soir il ne restait sur le volcan que quelque trace de feu qui était le résidu du courant rejeté. Cependant j'appris de mon guide qu'à Résine il était tombé une pluie de lapilli beaucoup plus abondante qu'à Naples; et en ayant reçu une certaine quantité, j'observai qu'ils étaient de la même nature que ceux tombés à Naples, si

ce n'est qu'ils étaient plus gros et moins boursouflés; j'appris aussi que dans l'intérieur du cratère on avait entendu un bruit comme d'une chaudière bouillante. Le matin du 2, à la même heure que le jour précédent, il y eut pour le volcan un paroxisme nouveau, mais beaucoup plus énergique que l'autre; il commença aussi par un nuage de fumée, qui, à mesure qu'il s'élevait dans l'atmosphère, prenait la forme d'une massue énorme repliée par son propre poids du côté de l'ouest; de manière qu'elle formait dans le champ azur de l'air comme une arche de pont gigantesque, dont la beauté admirable était augmentée par les réflexions des rayons du soleil sur sa masse. Cette fois, la fumée était d'une couleur blanche, et ramassée en forme de balles de coton. Dans le même temps, le volcan commença à faire entendre des bruits qui étaient sourds, mais très forts et très fréquents. Alors deux autres courants débordèrent du cratère : l'un du côté de Résine, et l'autre du côté de Pompeï. Le premier, s'il n'égalait pas dans sa marche celui qui avait coulé le jour précédent, était en revanche beaucoup plus grand que celui-là; et il menaçait de faire un plus long chemin, comme il arriva, en effet. L'éruption poursuivit avec la même vigueur pendant toute la journée, et le soir elle offrit un spectacle si surprenant, qu'il était impossible de voir rien de plus magnifique. La sommité du volcan était une grande masse de feu, dont une portion coulait en bas en forme de rubans enflammés (parce que, dans ce moment, il y avait plusieurs branches de courants), et l'autre était lancée très haut, sous la forme d'une tempête de pierres, ou, plutôt, de quartiers de montagne brûlants, qui, en retombant sur les flancs du cône, le recouvraient comme d'un manteau de feu. Selon les observations de M. Capocci, directeur de l'Observatoire astronomique, les pierres étaient lancées jusqu'à la hauteur de 1100 pieds au-dessus de la bouche du volcan. Les explosions se faisaient presque sans interruption, comme si elles étaient produites par un souffle souterrain continu. Au milieu des colonnes ardentes on voyait jaillir des éclairs dans des directions très variables : le plus souvent ils s'élançaient de bas en haut; quelquefois leur mouvement était transversal, et souvent aussi de haut en bas; ce qui était bien à observer, parce qu'il me semble que ce dernier fait prouve avec évidence que le développement de l'électricité dans les éruptions volcaniques est l'effet de la différente tension dans laquelle se trouvent les gaz rejetés par le volcan et l'air atmosphérique. Cependant le plus grand courant descendu le matin du côté de l'Hermitage, se jeta vers le soir dans le *Fosso-Grande*, où, jusqu'à ce moment, n'avaient coulé que deux courants du Vésuve moderne : celui

de l'éruption de 1767, et l'autre de 1810. On ne pouvait voir rien de plus magnifique que la descente de ce courant de lave encaissé entre les parois du Fosso-Grande. Son mouvement était très lent à cause de la viscosité de la pâte, causée elle-même par son éloignement du foyer volcanique, et, par conséquent, par la perte du calorique qu'elle avait soufferte. Parmi les phénomènes les plus remarquables qu'on était à même d'y observer, on comptait l'odeur de sa fumée, qui sentait beaucoup le sel ammoniac lorsqu'il se sublime; et je présageai la formation de ce sel après le refroidissement complet de la lave, présage que le fait a constaté. Et comme ce sel n'a été trouvé cette fois, de même que dans l'éruption de 1834, que dans la partie du courant qui a coulé entre les terres cultivées, il n'y a plus de doute que le sel ammoniac dans le Vésuve (et probablement aussi dans tous les volcans) ne se produise par la réaction de l'acide hydro-chlorique contenu dans les laves sur les matières animales qui font l'engrais des terres. Les blocs de lave refroidis, qui comme à l'ordinaire surnageaient sur la masse centrale en incandescence, renfermaient une grande quantité de ces grains vitreux blancs, qui par leur forme aussi bien que par leur cassure, indiquent qu'ils sont composés de la matière des amphygènes; et l'on y observait aussi des lamelles de pyroxène de couleur verte, et quelques grains très rares d'olivine. Le courant s'arrêta à l'embouchure du *Fosso-Grande*. Dans ce jour, l'éruption s'affaiblit beaucoup, mais les jeux d'électricité étaient dans leur maximum au milieu de la colonne de fumée qui s'élevait du volcan; ils se faisaient de la même manière que j'ai dit plus haut, et ils étaient visibles en plein jour; on pouvait les comparer aux fulminations qu'on observe dans les nuages tout près du point où se forme la tempête; on les voyait se succéder dans l'intervalle d'une à deux minutes : aucun bruit ne les accompagnait ni ne les suivait. Pendant que les choses se passaient de cette manière dans la partie occidentale du volcan, dans sa partie méridionale et le même jour (le 3) on voyait arriver des phénomènes d'un ordre différent. La masse de fumée rejetée le matin par le volcan étant entraînée par le vent du nord du côté de Castellamare; elle produisait une pluie si dense de lapilli, que toute la plaine qui s'étend depuis Bosco-tre-Case à Castellamare, en fut tout-à-fait recouverte. Et quoique cette pluie n'eût duré que peu d'heures, elle fut suffisante pour produire une couche de lapilli de l'épaisseur de 4 à 6 pouces. On peut mieux comprendre que dire les dommages qu'elle apporta dans les terres et dans les pays qui sont au midi du volcan : toutes les plantes céréales et potagères, enfin toute la végétation herbacée fut entièrement détruite dans ces campagnes.

La route des Calabres qui passe par Torre dell' Annunziata en fut tellement encombrée, que pendant quelque temps, la communication y fut interrompue, et le gouvernement fut obligé de faire travailler à la rouvrir. A Torre dell' Annunziata, à Bosco-tre-Case, les habitants furent presque tous occupés à délivrer les toits de leurs maisons et leurs terrasses du poids des lapilli tombés : on en ramassa une si grande quantité dans les rues où ils étaient jetés, qu'on n'y pouvait plus marcher. La grandeur de ces lapilli était variable : les plus ordinaires avaient la grandeur de grains de chanvre; mais il y en avait de la grosseur d'une noisette, d'une noix, et même d'un œuf. Ils étaient composés d'une lave scoriacée qui n'était pas si boursouflée, ni si vitrifiée que les menus lapilli tombés à Naples, et je remarquai que les plus gros renfermaient toujours des cristaux de pyroxène bien terminés, et quelquefois des lamelles de mica brun foncé, substances qu'on ne trouve presque jamais à cet état, dans les lapilli qui tombent près du cratère; c'est pour cela que je penche à croire que les conditions de refroidissement dans lesquelles ces lapilli s'étaient trouvés en tombant de l'atmosphère à une grande distance du foyer, avaient contribué beaucoup à faire cristalliser les pyroxènes et les micas qu'ils contenaient. Depuis ce jour (le 3), l'éruption se ralentit peu à peu, et dans la journée du 5, elle s'éteignit entièrement. En conséquence sa durée fut assez courte, mais en revanche elle fut admirable et très énergique. Lorsqu'on fait attention aux conditions diverses dans lesquelles se sont trouvés le Vésuve et l'Etna, dans la seconde moitié de l'année passée, on ne peut s'empêcher de voir que dans cette période de temps il y a eu évidente alternance d'actions dans ces deux volcans. Le Vésuve était en éruption, le mois de juillet et d'août, et aussitôt qu'elle s'éteignit commença l'éruption de l'Etna qui a continué lentement jusqu'à décembre; celle-ci finie, le Vésuve a rallumé ses feux. De là je ne veux tirer aucune conséquence; mais il faut bien noter cette alternance, parce que c'est un fait, et les faits dans les sciences physiques ne sont jamais perdus. »

OPTIQUE. — *Appareil destiné à observer les raies noires du spectre solaire; par* M. F. Dujardin.

« Cet appareil est destiné à faire voir les raies du spectre à l'œil nu. Il se compose d'un large tube, long de 16 à 20 centimètres, recevant la lumière par une fente large d'un demi-millimètre, située à l'une des ex-

trémités. L'appareil est tourné contre le jour de manière à transmettre les rayons lumineux à l'œil dans une direction très déviée à travers un système de prismes situé à l'extrémité opposée à la fente.

» Dans ce système, au lieu d'amplifier en tous sens le spectre au moyen d'un télescope, comme le fit Frauenhofer, on le développe en largeur seulement, en lui faisant traverser successivement plusieurs prismes disposés de manière à produire chacun le minimum de déviation sur le rayon incident.

» Ainsi le faisceau lumineux, après avoir subi le minimum de déviation pour les rayons verts, par exemple, en passant par le premier prisme, est reçu par le second prisme qui lui fait subir une seconde fois un minimum de déviation, puis, par un troisième et par un quatrième, sans que la perte de lumière soit très considérable, parce que l'obliquité d'incidence peut n'être pas trop grande si l'on prend des prismes convenables. »

Physique. — *Sur une vapeur qui de transparente et incolore qu'elle était immédiatement après la détonation qui l'a produite, est devenue, au bout de quelque temps, opaque et fétide.* — Extrait d'une lettre de M. l'abbé **Moigno** à M. *Arago*.

« La préparation du sulfure de phosphore a donné lieu, il y a peu de jours, dans notre laboratoire, à une violente explosion. J'accourus au bruit : l'air du laboratoire étant pur, limpide, inodore, rien ne m'aurait fait soupçonner la cause de l'explosion. Quelques minutes plus tard tout avait changé de face; non-seulement le laboratoire, mais l'escalier qui y conduit et une grande partie de la maison, étaient envahies par un nuage épais, nauséabond, à travers lequel l'œil ne pouvait rien distinguer. Aucune cause nouvelle n'avait pu amener un nouveau dégagement de vapeurs. Il faut donc expliquer ce fait en admettant que la température, très élevée au moment de l'explosion, avait extrêmement dilaté les vapeurs produites, qui devenues ainsi invisibles et inodores, et condensées plus tard par le refroidissement, apparurent sous la forme d'un nuage ou d'un brouillard avec leur odeur propre.

» Vous avez, je crois, remarqué plusieurs fois dans ces notes sur la météorologie si curieuses et si savantes à la fois, qui couronnaient si bien, dans les *Annales de Physique et de Chimie,* les observations de l'année, que certains brouillards secs et d'une odeur nauséabonde, avaient

pu être la suite de l'explosion de quelque bolide sulfureux; le fait dont j'ai été le témoin viendrait à l'appui de cette explication. On opérait sur quelques grammes de matière seulement, et cependant l'épais nuage remplissait un espace très étendu. »

PHYSIQUE TERRESTRE. — M. TRIPIER, pharmacien aide-major à Alger, adresse à l'Académie une Note ayant pour objet l'*examen analytique des dépôts recueillis par M. Guyon aux sources thermales d'Hamman-Mez-Koutin* (Bains enchantés).

Ces dépôts ont pour base le carbonate de chaux et le carbonate de strontiane mêlé d'une petite proportion de carbonate de magnésie, d'oxide de manganèse et de fluorure de calcium. On y trouve en outre du sulfate de chaux et de l'*arsenic* sans doute à l'état d'arséniate de strontiane et de chaux.

La présence de l'arsenic s'accorde avec l'opinion de M. Sédillot qui attribue aux eaux des sources thermales, l'insalubrité que les Arabes paraissent avoir reconnue à celles de la rivière où elles vont se jeter.

M. Tripier, qui continue ses recherches, en adressera prochainement les résultats à l'Académie.

ANIMAUX FOSSILES. — M. *Pentland* écrit de la Paz (*Bolivia*) à M. *Arago*, qu'il a trouvé des coquilles fossiles (une bivalve voisine des *Donaces*) au Nevado de *Antakaua*, sur la Cordillère orientale, à la hauteur de 5400 mètres au-dessus de la mer.

Le même voyageur a découvert des ossements de mastodontes à dents étroites, dans l'île de *Taquire*, une de celles du lac de *Titicaca*, à la hauteur de 3950 mètres au-dessus du niveau de l'Océan.

MÉTÉOROLOGIE. — *Note relative à une observation d'étoiles filantes, faite à Toulon, le* 6 *décembre* 1838; *par* M. PAUL FLAUGERGUES, professeur de mathématiques à l'École d'Artillerie navale.

« Le 6 décembre 1838, de $8^h55'$ du soir, à $9^h15'$, j'ai vu, étant tourné » vers *Pégase, quarante-deux* étoiles filantes. Toutes paraissaient s'échap- » per d'un point situé alors au zénith. Sur ces quarante-deux, trente- » une ont suivi des directions parallèles et se sont trouvées comprises » entre la voie lactée et le grand carré de Pégase. Les onze autres ont » pris des directions variables, mais toujours divergentes du zénith.

» L'angle soutendu par la traînée lumineuse a varié de 5 degrés au » quadruple de ce nombre.

» Il ne m'a pas été donné d'observer plus long-temps.

» J'ai pensé néanmoins que les météorologistes seraient bien aises de » pouvoir comparer ce nouveau fait avec ceux qui ont été signalés par » M. Herrick et par Brandes. »

M. **Fravient** écrit que le météore lumineux dont il a été parlé dans le *Compte rendu* du 7 février, n'était probablement que la simple réflexion sur les nuages, de la lumière émanant de la cheminée d'une machine à vapeur située rue Censier, ou de la verrerie de M. *Feil*, rue Mouffetard.

M. **Junod** annonce de nouvelles applications qu'il a faites de ses *grandes ventouses* pour faciliter les travaux des anatomistes et les autopsies cadavériques.

« En plaçant dans le vide un cadavre, on l'injecte, dit M. Junod, sans aucune difficulté; le fluide, qui peut être poussé par une des veines superficielles, pénètre dans les capillaires et dans le système lymphatique. Les injections ainsi pratiquées font reparaître les traces des congestions sanguines qui avaient disparu après la mort. »

M. **Cognart**, à l'occasion d'une communication faite dans la séance précédente relativement à un *nouveau système de filtrage pour les eaux bourbeuses*, écrit qu'en Égypte on clarifie en peu de temps l'eau du Nil en frottant avec une amande amère les parois du vase dans lequel on la verse.

M. *Costaz* rappelle que ce procédé est indiqué dans plusieurs ouvrages; il dit l'avoir vu employer avec succès pour les eaux du Nil, et l'avoir essayé en vain pour les eaux de la Seine.

M. **Petit**, inspecteur adjoint des eaux de Vichy, présente quelques réflexions sur une lettre de M. *Leroy d'Étiolles* concernant les inconvénients que pourraient avoir dans quelques cas les eaux de Vichy employées pour le traitement des maladies calculeuses. Suivant M. Petit, des calculs que M. Leroy d'Étiolles considérait comme calculs vésicaux, étaient des calculs prostatiques, sur la formation desquels on n'avait jamais prétendu que l'usage des eaux alcalines pût avoir de l'influence. Quant à la reproduction à plusieurs reprises de vrais calculs vésicaux dans le cours d'un traitement par les eaux de Vichy, M. Petit affirme que ce traitement, chez les malades cités, n'a jamais pu être suivi d'une manière régulière; enfin il assure que

les analyses des calculs vésicaux mentionnées dans la lettre de M. Leroy, ne sont pas celles qu'avouent les chimistes auxquels celui-ci les attribue.

M. **Doublet de Boisthibeaut** écrit relativement à un monument élevé à la mémoire de M. de Mallebranche, et dont les débris, employés aujourd'hui dans une construction grossière, pourraient, dit-il, être réunis à peu de frais.

M. **Buisson**, à l'occasion du fait rapporté récemment par quelques journaux, d'un cas d'hydrophobie survenu chez un individu mordu par un chien non enragé, s'attache à faire ressortir les avantages de la méthode de traitement qu'il a proposée. Il pense que le procédé douloureux de la cautérisation ne sera jamais employé, quelque efficacité qu'on lui suppose, quand on aura la certitude que l'animal n'est pas enragé, et que cependant d'après le fait qu'il cite et plusieurs autres semblables qu'il a recueillis, cette circonstance ne doit pas empêcher de recourir à un traitement préservatif.

M. **Leymerie** demande à retirer deux Mémoires qu'il avait présentés et sur lesquels il n'a pas encore été fait de rapport.

M. **Dujardin**, MM. **Frossart** et M. **Bazin** adressent chacun un paquet cacheté.

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures.

A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 6, in-4°.

Annales des Sciences naturelles; octobre 1838, in-8°.

Annales de la Société d'Agriculture, Arts et Commerce du département de la Charente; tome 21, juillet et août 1838, in-8°.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; tome 11, juillet—octobre 1838, in-8°.

Mémoire sur la Fièvre typhoïde, sur les diverses formes qu'elle peut présenter, et sur le traitement qui lui est applicable; par M. de Larroque; 1839, in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le Concours Montyon.)

Traité de la Folie des animaux, de ses rapports avec celle de l'homme; par M. Pierquin; 2 vol. in-8°. (Adressé pour le même concours.)

Histoire naturelle des îles Canaries; par M. Webb et Berthelot; 37ᵉ livraison, in-4°.

Coupes et Vues pour servir à l'explication des phénomènes géologiques; par M. H.-T. de la Bèche; avec un texte traduit de l'anglais par M. *de Collegno;* in-8°.

Introduction à l'étude des Sciences médicales; par M. Buchez; *leçons orales recueillies et rédigées par* M. H. Belfield-Lefèvre; Paris, 1838, in-8°.

Essai d'un traité complet de Philosophie du point de vue du catholicisme et du progrès; par M. Buchez; tome 1ᵉʳ, in-8°.

Clinique civile. — Lithotripsie et Lithotomie; 53 opérations de la pierre, pratiquées par M. Bancal; in-8°.

OEuvres complètes de John Hunter, *traduites de l'anglais par* M. Richelot; 3ᵉ et 4ᵉ liv. in-8°; et atlas in-4°, 3ᵉ et 4ᵉ liv.

Journal de Médecine pratique, ou recueil des travaux de la Société royale de Médecine de Bordeaux, année 1838; in-8°.

Recherches sur la formation de l'ovule et de l'embryon des Scrofulaires; par M. Wydler, professeur à Berne. (Extrait de la Bibliothèque universelle de Genève.) 1ʳᵉ feuille, in-8°.

Remarks on the.... *Remarques sur la classification des différentes branches des Connaissances humaines; par* M. Lubbock; Londres, in-8°.

Proceedings..... *Procès-Verbaux des séances de l'Académie royale d'Irlande;* nᵒˢ 14, 2 nov. 1838 — 14 janvier 1839, in-8°.

The Athenæum, Journal; n° 133, janvier 1839, in-4°.

Physiologie der.... *Physiologie des végétaux; par* M. L.-C. Treviranus, membre correspondant de l'Académie des Sciences; Bonn, 1838, 2 vol. in-8°.

Cenni sugli.... *Essais sur les appareils destinés à l'arrosage des lieux publics; par* M. G. Romanenghi; Milan, 1838; in-4°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; février 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris, tome 7, n° 7.

Gazette des Hôpitaux, 2ᵉ série, tome 1ᵉʳ, nᵒˢ 19 et 21, in-4°.

La Phrénologie; n° 18.

La France industrielle; n° 85.

L'Expérience, journal de Médecine, n° 85, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 FÉVRIER 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Sur de nouveaux procédés pour étudier la radiation solaire, tant directe que diffuse; par* M. Biot.

« Les propriétés de la radiation solaire ont été jusqu'ici principalement étudiées par les caractères tirés de la sensation de lumière qu'elle excite dans la rétine humaine; et le champ de cette investigation, ouvert par Newton d'une manière si admirable, a fourni une ample moisson de découvertes. Mais les autres phénomènes, calorifiques ou chimiques, que cette radiation produit par son action directe, ou après sa diffusion dans l'atmosphère, quoique pareillement constatés d'une manière indubitable, ont été d'un accès plus difficile, parce que l'organe de l'œil ne pouvant pas être employé à leur étude, puisqu'il s'agissait de les distinguer des portions de la radiation qui excitent cet organe, il fallait découvrir des appareils physiques qui le suppléassent, et dont la sensibilité fût sinon égale, du moins analogue à la sienne. La pile thermo-électrique a servi ainsi à M. Melloni pour étudier la portion purement calorifique des radiations directement émanées des corps obscurs, incandescents et du soleil même. Je me propose aujourd'hui de montrer que le papier sensible de

M. Daguerre, et les phénomènes de phosphorescence convenablement observés, fournissent des moyens d'expérimentation, au moins aussi sensibles pour constater et mesurer des propriétés de la radiation solaire, soit directe, soit diffuse, que la pile n'est pas apte à manifester. Je ne présente ici que de simples essais faits en peu de jours. Mais, tels qu'ils sont, ils découvrent des propriétés inattendues, susceptibles de déterminations précises, et ils indiquent la nature des appareils qui peuvent servir à les mesurer. J'ai pensé que leur connaissance pourrait rendre quelque service aux physiciens qui voudraient entrer dans cette voie de recherches, si nouvelle et si féconde.

» Mes premières expériences ont été faites avec le papier sensible de M. Daguerre; lui-même a bien voulu me guider dans sa préparation et en observer avec moi les premiers effets. J'ai eu, en outre, un aide aussi intelligent que zélé dans le fils d'un de nos confrères, M. Edmond Becquerel.

» L'excitabilité de ce papier par la radiation solaire diffuse avait été constatée par M. Daguerre. J'ai voulu savoir comment ses impressions seraient modifiées par l'interposition de corps de diverses natures, placés à distance, comme M. Melloni l'a fait pour étudier les radiations calorifiques. Mais le degré précis de sa sensibilité n'étant pas encore connu, ou du moins mesuré, il fallait l'exposer ainsi à la radiation atmosphérique dans les conditions propres à la lui faire recevoir le plus abondamment qu'il serait possible, quoique toujours en quantités comparables. De plus, comme divers échantillons du même papier, préparés séparément, n'ont jamais rigoureusement la même sensibilité, ou du moins peuvent ne pas l'avoir, il fallait observer comparativement les effets de la même radiation, transmise par divers écrans au même papier. J'ai employé pour cela le système des écrans mixtes que M. Daguerre avait bien voulu déjà, à ma prière, appliquer à l'étude de la substance sensible qu'il possède, système dont nous avons aussi fait usage M. Becquerel et moi, pour étudier la radiation émanée de l'étincelle électrique.

» Veut-on par exemple comparer ainsi la transmission à travers le verre et le sel gemme? Deux plaques de ces substances sont fixées à l'un des bouts d'un court tuyau noirci, partagé en deux par un diaphragme longitudinal qui sépare les deux systèmes de radiation. Le papier sensible étant préparé dans l'obscurité, est placé alors au fond d'une petite boîte de carton à couvercle tournant. On pose le bout ouvert du tuyau sur le papier, et l'on ferme la boîte. Puis, se plaçant à une fenêtre que les rayons directs

du soleil ne frappent point, on ouvre la boîte à un instant connu, et l'on commence à compter le temps sur une montre à secondes. Après l'intervalle que l'on juge convenable, on ferme la boîte et l'on note le temps. Rentré dans l'appartement à l'abri de la radiation, on ouvre la boîte, on enlève le tuyau, et l'on compare les impressions opérées sous chaque écran. Pour rendre ce procédé exactement comparable, il faudrait tenir compte de l'épaisseur individuelle des plaques, de leur étendue superficielle, de leur distance au papier; puis, avec ces éléments donnés et les indices de réfractions des plaques pour la portion de la radiation totale qui agit dans les phénomènes qu'on observe, il faudrait calculer l'amplitude conique du champ que le papier voit dans l'atmosphère à travers chaque plaque. Toutes ces réductions seront évitées en limitant le champ apparent à des incidences presque perpendiculaires et à des amplitudes égales; comme dans l'appareil de mesures que je vais faire construire; et l'on pourra aussi y suivre de l'œil toutes les phases progressives de la coloration sans lever les écrans, parce que l'observation se fera dans la chambre obscure. Mais, avant d'en venir là, il fallait savoir au plus tôt si la sensibilité du papier permettrait de réduire l'observation à ces conditions simples. Je me suis donc borné à signaler dans chaque épreuve les diversités des éléments que je viens de spécifier; et je les ai en outre disposés de manière que, dans chaque épreuve, ils se trouvassent généralement le plus défavorables, souvent même dans une proportion considérable, pour les natures d'écrans auxquels les analogies physiques devaient me faire supposer le plus de perméabilité. Par exemple, dans la comparaison du sel gemme avec le verre, citée tout à l'heure, le verre était un peu plus épais que le sel, et placé à une même distance du papier. Cette épaisseur, pour le verre, était de $7^{mm}\frac{13}{20}$, ce qui dans le rayonnement d'une lampe Locatelli, épurerait tellement le flux calorifique qu'il se transmettrait ensuite à de bien plus grandes profondeurs en n'éprouvant ultérieurement que de très faibles absorptions. Mais ainsi réduit il ne serait qu'une très petite fraction du rayonnement incident total, tandis que les $\frac{92}{100}$ de ce rayonnement se transmettraient à travers le sel. Or ici, au contraire, dans la transmission de la radiation atmosphérique sur le papier de M. Daguerre, l'excitation s'est montrée à très peu près égale à travers le verre et à travers le sel, quoique, sans doute, un peu plus sensible pour ce dernier; et M. Daguerre a aussi observé cette même égalité approchée d'action avec la substance bien plus sensible qu'il possède. Toutefois, dans son papier même, les effets étaient déjà parfaitement distincts après 110″ de temps sous le sel; et, à nu, ils l'étaient généralement après 25″, quoique

l'exposition choisie pour l'expérience fût le nord, qu'une pluie fine tombât continûment, et qu'un brouillard épais obscurcît l'atmosphère, comme tout le monde sait que cela a eu lieu vendredi dernier.

» Cet état du ciel est même une particularité dont il faudra tenir compte dans les conséquences physiques que l'on déduira de pareilles observations. Car, puisque les radiations calorifiques s'épurent et se simplifient pour chaque nature de substance, quand elles en ont traversé une certaine épaisseur, les autres éléments de la radiation solaire, s'il en existe, doivent éprouver des effets analogues, en venant de tous les points diversement éloignés d'une atmosphère limpide ou brumeuse, contenant seulement de l'eau en vapeur ou déjà presque liquéfiée en brouillards. Aussi je regarde mes expériences, de vendredi et de samedi dernier comme faites sur une radiation atmosphérique qui avait déjà traversé un écran d'eau; et il est très possible que les rapports des transmissions fussent autres par un temps serein. Mais déjà celles que j'ai observées ainsi offrent, entre les substances employées, des inégalités qui tiennent de leur essence, et qui subsisteront toujours dans le même sens à des degrés divers. C'est ce que montrent avec évidence les tableaux suivants où j'ai seulement résumé les conditions essentielles de chaque expérience, ainsi que leurs principaux résultats (1). On les comprendra facilement après ce qui précède. J'ai seulement besoin d'ajouter que les deux premières expériences ont été faites avec un support plan percé de plusieurs trous d'un diamètre égal, au-dessus desquels on appliquait les divers écrans dont on voulait observer comparativement les effets. Après que les papiers nécessaires étaient préparés, on les plaçait sur un autre support pareillement plan, mais non percé, que l'on recouvrait avec le précédent; de sorte qu'ils se trouvaient comme au fond d'autant d'orifices, où ils pouvaient recevoir la radiation transmise à travers le seul écran correspondant à chacun d'eux. La profondeur commune de ces orifices était de 13 millimètres, leur diamètre commun de 53, ce qui donnait à chaque disque de papier un champ de vision d'une grande étendue angulaire, pourvu que la surface supérieure des écrans fût assez étendue, relativement à leur épaisseur, pour que les rayons extérieurs pussent être amenés par la réfraction jusqu'aux bords supérieurs dans les plus grandes obliquités; ce qui n'a pas toujours eu lieu, comme on le voit dans les remarques jointes aux tableaux. Les deux dernières expériences ont

---

(1) *Voyez* ces Tableaux à la fin du Mémoire.

été faites avec des petites boîtes de carton à couvercle, où deux écrans seulement de diverse nature étaient placés et comparés l'un à l'autre. Il est presque superflu de dire que toutes les dispositions nécessaires pour placer les papiers et les écrans, ont été faites dans la même chambre obscure où l'application du nitrate sur le papier s'opérait. On n'y admettait que la lumière indispensable d'une seule bougie, qui, placée loin du papier, n'a pas d'influence sensible sur le nitrate. Lorsque tout était en place, on couvrait tous les écrans avec plusieurs doubles de papier noir, et d'autres enveloppes opaques, que l'on ne supprimait qu'en présence de l'atmosphère, au moment où l'on voulait admettre la radiation. La manœuvre était encore plus simple avec les écrans contenus dans des boîtes de carton à couvercle, puisqu'il suffisait de fermer ceux-ci pour les abriter. Car on s'est assuré que la radiation ne se transmettait pas à travers leur épaisseur, en quantité suffisante pour produire un effet appréciable.

» Dans toutes les expériences, malgré les circonstances spécialement défavorables de l'atmosphère et de l'exposition au nord, le papier présenté nu à la radiation atmosphérique n'a jamais mis plus de 25 à 30 secondes pour s'impressionner fort sensiblement. Des diverses substances essayées comme écrans, celle qui a le plus affaibli cet effet a été une feuille très mince de gélatine en feuilles, appelée papier glace. La plus éteignante, après elle, a été le verre bleu de M. Daguerre, dont j'ai précédemment analysé la teinte, et qui, pour la substance bien plus excitable qu'il emploie à ses tableaux, n'opère qu'une extinction insensible. Mais peut-être son action varie-t-elle avec l'état du ciel; et probablement M. Daguerre n'aura pas choisi des jours aussi excessivement brumeux pour l'adapter à ses effets d'art. Après elle vient le verre blanc, qui s'est montré plus efficace que le bleu, mais toutefois moins que le cristal de roche limpide perpendiculaire à l'axe, surtout eu égard à l'amplitude moindre de champ apparent que celui-ci embrassait. En tenant compte de cette dernière circonstance, il n'y a pas eu de différence sensible dans les effets des plaques de cristal de roche, épaisses de $7^{mm},25$ et de $41^{mm},25$; ce qui montre que la première épaisseur épurait assez la radiation efficace, transmise dans cette substance, pour qu'elle s'y propageât ensuite à des épaisseurs plus grandes, presque sans absorption ultérieure. La chaux sulfatée limpide s'est montrée sensiblement aussi efficace que le cristal de roche, eu égard à l'amplitude du champ qu'elle embrassait. Le sel gemme n'a pas offert de différence marquée avec ces substances. Mais peut-être, l'excessive humidité qui régnait,

avait-elle sur lui une influence spécialement défavorable en altérant la netteté de son poli, qui paraît être ici d'une importance aussi grande au moins, si ce n'est plus grande, que pour les radiations purement calorifiques. Le papier glace, comparé au cristal de roche enfumé, semblerait être plus efficace si l'on ne considérait l'excessif rétrécissement du champ apparent que ce cristal embrassait, à cause de sa grande épaisseur $21^{mm},75$, comparée à son diamètre. C'était le même cristal qui nous avait servi pour étudier la transmission de la radiation émanée de l'étincelle électrique. Si l'on compare ces résultats aux facultés diathermanes des substances employées, on pourrait, jusqu'à un certain point y rapporter le peu de différence du sel gemme au cristal de roche limpide, en considérant le flux incident comme ayant traversé préalablement une lame d'eau épaisse, ce qui était en effet le cas. Mais alors le verre diaphane aurait dû se montrer moins inférieur à ces substances qu'il ne l'a été réellement; et surtout l'infériorité du verre bleu relativement au verre blanc est tout-à-fait inexplicable dans cette supposition. Les différences mêmes que je viens de rappeler, et qui ont lieu entre des corps également diaphanes, semblent d'ailleurs montrer que l'action exercée sur le nitrate n'est pas due à la radiation purement lumineuse. Elle paraîtrait donc être spéciale, et due à une certaine portion particulière de la radiation totale. Mais je dis spéciale pour la combinaison chimique soumise ici à l'expérience; car d'après quelques épreuves faites par M. Daguerre, et dont il m'a dit les résultats, je serais porté à croire que la substance dont il fait usage est impressionnée différemment, ou par des portions différentes de la radiation. Au reste, je ne présente ici ces inductions que comme les conséquences apparentes des expériences que j'ai rapportées, et pour montrer où elles peuvent conduire. Car on ne pourra les amener à une certitude complète qu'en répétant les mêmes épreuves avec un appareil qui donnera des amplitudes de champ apparent égales et qui sera employé dans la chambre obscure, comme je l'ai expliqué plus haut; mais il fallait d'abord reconnaître l'existence de ces effets et leurs caractères les plus généraux, avant de chercher à les mesurer définitivement.

» J'ai voulu savoir si le papier de M. Daguerre serait impressionné par la radiation émanée de l'étincelle électrique. Un disque de ce papier, préparé dans l'obscurité a été mis, aussitôt qu'il a été à peu près sec, au fond d'une petite boîte de carton, et placé à quelques centimètres au-dessous du trajet de l'étincelle d'une forte batterie. Une, deux, trois décharges successivement opérées n'ont produit aucun effet. Une suite d'étincelles sub-

stituée à la décharge n'ont rien produit non plus. Leur succession avait cependant duré plus de temps qu'il n'en faudrait pour impressionner le papier par l'influence de la radiation atmosphérique. Notre papier, toutefois, était bien préparé. Car en l'exposant à cette radiation, le ciel étant couvert et loin de l'azimut du soleil, il a commencé à se colorer presque subitement; et il a fini bientôt par prendre une teinte presque noire, comme on peut le voir encore à sa place, dans la boîte même que je mets sous les yeux de l'Académie. La radiation électrique n'aurait-elle pas d'éléments propres à influencer chimiquement le nitrate? ou cette influence ne peut-elle être efficace sur le sel qu'avec une certaine continuité d'action qu'une succession même d'étincelles ne remplacerait pas ? La solution de ces questions exigerait des expériences suivies que je n'ai pas pu entreprendre.

» J'ai fait encore quelques expériences sur la transmission de la radiation atmosphérique à travers des écrans de diverse nature, en me servant d'un procédé infiniment plus sensible que le papier de M. Daguerre; mais je n'aurais pu les faire seul. Le même aide, jeune et intelligent, m'a encore assisté.

» Les belles expériences de M. Becquerel nous ont appris l'incroyable excitabilité des coquilles d'huître calcinées avec du soufre, par la radiation d'une décharge électrique, que l'on peut considérer comme instantanée. J'ai pensé qu'elles pourraient n'être pas moins sensibles à la radiation atmosphérique, tant directe que transmise par des écrans. L'effet a surpassé mon attente.

» Le mode d'expérimentation employé est tel qu'il suit : Des coquilles préparées comme on vient de le dire, sont réduites en poudre et gardées quelque temps à l'abri du grand jour, dans un flacon de verre bouché à l'émeri; portées alors dans la plus profonde obscurité, elles ne donnent aucun signe de phosphorescence, même pour une pupille maintenue près d'une demi-heure à l'abri de toute lumière sensible. J'en ai fait l'épreuve dans notre chambre obscure à doubles volets et à doubles portes du Collége de France, où tout a été si bien disposé par M. Savart, que même après un si long séjour, aucune trace de lumière n'est sensible à l'œil.

» Ceci reconnu, l'observateur ferme les yeux, les couvre d'un bandeau, et l'aide entr'ouvrant seulement les portes en sens opposé entre elles, verse quelque peu de la poudre calcinée, dans autant de petites capsules de porcelaine que l'on veut essayer d'écrans. Ces capsules sont placées dans les cases intérieures d'une boîte de carton à compartiments, ayant

un couvercle à charnières; alors on ferme les portes et l'on constate l'obscurité de la poudre dans les capsules en place. Cette vérification est réitérée après que l'on a posé et fixé les écrans sur leurs capsules, par un peu de cire. L'observateur fermant et couvrant de nouveau ses yeux, l'aide sort, ouvre la boîte à un instant marqué par une montre à secondes, et présente toutes les capsules ensemble à la radiation. Après le temps convenu il ferme la boîte, et la transmet à l'observateur intérieur avec les mêmes précautions pour conserver la sensibilité de la rétine. Celui-ci l'ouvre, note les résultats et les dicte à l'aide placé au dehors.

» Dans la première épreuve ainsi faite, il y avait trois capsules : l'une était couverte par une plaque de verre diaphane ayant une épaisseur de 3 millimètres; la seconde par une plaque de cristal de roche limpide, ayant pour épaisseur $7^{mm},25$; la troisième n'avait pas d'écran. Le ciel était excessivement brumeux et humide; tel, en un mot, qu'on l'a vu dans toute la journée de samedi dernier. La présentation des capsules à la radiation atmosphérique avait lieu par une fenêtre regardant le nord. Dans ces circonstances, on pensa qu'une exposition de 20″ pourrait déjà exciter quelque trace de phosphorescence, qui par sa faiblesse ferait mieux apprécier les différences que les diverses natures d'écran présenteraient. Cette attente fut trompée ; les capsules rentrées dans l'obscurité se montrèrent toutes trois si vivement illuminées, que leurs différences d'éclat eussent été trop incertaines. On enleva les écrans pour ôter la poudre, dont il aurait fallu attendre trop long-temps la complète extinction ; et, après avoir replacé les écrans avec les mêmes vérifications déjà spécifiées, on recommença l'épreuve en limitant le temps d'exposition à 10″. Ce fut encore trop; il fallut recommencer une troisième fois, en bornant le temps à 2″. Alors les différences des écrans devinrent bien marquées. La plus faible lumière était évidemment sous la plaque de verre; elle était plus vive sous le cristal de roche, bien plus vive encore dans la capsule sur laquelle on n'avait pas mis d'écran. Le progrès de l'extinction suivit cet ordre : elle eut lieu d'abord sous le verre, puis sous le cristal, puis dans la substance nue. Mais on en observa seulement les phases autant qu'il était nécessaire pour les bien constater, car il eût été trop long d'attendre qu'elle fût complète.

» Dans une seconde expérience on compara la transmission par une feuille mince de papier glace avec la transmission directe ; et, pour mieux manifester une inégalité d'effets, on réduisit la durée de l'exposition au seul temps d'ouvrir la boîte et de la fermer. Les deux capsules rentrèrent

lumineuses; mais après avoir enlevé le papier glace, la matière qu'il couvrait donnait bien moins de lumière que l'autre. Le progrès de l'extinction suivit cet ordre; et, comme dans l'expérience précédente, il était parfaitement évident. La capsule que le papier avait couverte était presque éteinte lorsque la capsule nue brillait encore d'un éclat très vif.

» D'après cette épreuve, on jugea que la feuille de papier glace devait être moins efficace que la plaque de cristal de roche limpide employée précédemment. Pour s'en assurer, on les compara l'un à l'autre sur de nouvelle poudre, dans trois expositions successives, aussi instantanées que possible; les résultats furent tels qu'on l'avait prévu.

	Capsule couverte par le papier glace.	Capsule couverte par la plaque de cristal.
1re exposition, le temps d'ouvrir et fermer la boîte..	insensible,	lumineux,
2e .... réitère	à peine sensible,	lumineux,
3e .... réitère	un peu lumineux,	très lumineux.

» Le verre bleu de M. Daguerre a été ensuite comparé au papier glace. Il s'est montré un peu, mais très peu plus efficace que ce papier. L'épreuve d'abord faite par une exposition presque instantanée, a donné des résultats sensibles pour les deux écrans, mais un peu plus sensibles sous le verre bleu, et les effets d'une exposition plus prolongée ont confirmé cette relation. Ce verre conserve donc ici, à l'égard des écrans diaphanes, l'infériorité d'action qu'il avait montrée sur le papier de M. Daguerre.

» La radiation s'est aussi montrée efficace, même pour une exposition instantanée, quand on l'a transmise à travers une plaque de cristal de roche enfumé perpendiculaire à l'axe, ayant $21^{mm},75$ d'épaisseur. Mais on n'a pas cherché à comparer l'intensité des effets à ceux des autres écrans, à cause du rétrécissement du champ apparent produit par la grande longueur du cristal relativement à son diamètre, qui aurait empêché toute appréciation exacte de rapports. Cette difficulté disparaîtra pour toutes les dimensions des écrans employés, en effectuant ce genre d'expériences avec l'appareil d'exposition à incidences presque perpendiculaires, comme pour le papier de M. Daguerre. Et d'après l'excessive sensibilité que notre poudre montre sous l'influence de la radiation atmosphérique dans des circonstances aussi spécialement défavorables que celles où j'ai opéré, on peut être certain que le rétrécissement du champ apparent sera facile à compenser par la durée un peu plus prolongée de l'exposi-

tion, si toutefois il est nécessaire de le faire, ce qui deviendrait moins un inconvénient qu'un avantage par la facilité qu'on aurait d'employer le temps comme élément de comparaison.

» Dufay assure que diverses préparations analogues à cette poudre acquièrent la phosphorescence sous l'influence de la lumière lunaire. Il est extrêmement probable qu'il en sera ainsi pour notre poudre en l'observant avec la même précaution que j'ai prise de préparer la rétine par une profonde et durable obscurité. Car Dufay, en parlant de ses préparations phosphoriques, dit qu'il les expose généralement au grand jour pendant une minute, tandis qu'ici il suffit d'une fraction de seconde que l'on peut à peine apprécier, et qui pourrait être réduite encore sans que l'effet cessât d'être perceptible. Au reste, je ne manquerai pas de saisir l'occasion la plus prochaine de faire cette observation (1).

» Dufay dit aussi que plusieurs des préparations qu'il a étudiées deviennent lumineuses, étant placées sous l'eau. Et M. Becquerel fils a observé qu'une masse d'eau mêlée de chaux en poudre devenait complétement lumineuse sous l'influence de la radiation électrique agissant à distance. J'ai voulu savoir si la radiation atmosphérique produirait un effet pareil. Ayant donc mis de notre poudre au fond d'une capsule de porcelaine, on a achevé de remplir cette capsule d'eau, et l'on a exposé le tout à la radiation pendant deux secondes. Rentrée alors dans l'obscurité, l'eau paraissait lumineuse dans toute sa masse, peut-être par la présence des petites parcelles de poudre qui y étaient restées suspendues. Mais c'était surtout au fond de la capsule, où la poudre s'était amassée en dépôt, que l'illumination était la plus brillante. Je ne pus me défendre de croire que son intensité surpassait celle que la poudre acquérait par la même durée d'exposition sans être recouverte d'eau. Et sa persistance me sembla aussi plus longue.

» Cette dernière expérience donnera toute facilité pour essayer si les diverses affections de polarisation que l'on peut imprimer aux rayonnements tant visibles qu'invisibles, modifient leur propriété d'exciter la phosphorescence, épreuve importante que M. Arago avait eu l'idée d'effectuer sur les variétés de diamant qui deviennent phosphorescentes par insolation, mais que la difficulté de se procurer une plaque faite d'un diamant pareil, l'a empêché jusqu'ici de réaliser. Malheureusement la poudre illuminée à travers l'eau, ne remplira pas complétement les condi-

(1) Je viens de la réaliser dans la nuit du 27 au 28 février. Elle a complétement réussi. Je dirai plus tard les précautions que j'y ai employées.

tions qu'il désirait. Mais peut-être l'illumination de l'eau même pourrait, jusqu'à un certain point, y suppléer; et malgré la différence des circonstances, l'épreuve qu'il a proposée serait encore importante à tenter par ce moyen qui s'offre si facilement à nous. Dufay assure aussi que la phosphorescence peut s'opérer par la lumière artificielle. Je me propose de le vérifier incessamment, et d'autant plus, que l'influence des écrans de diverse nature devra sans doute alors produire des différences d'effets bien plus sensibles que sur la radiation atmosphérique.

» L'excitation soudaine de la phosphorescence dans une substance qui est plongée sous l'eau, et qui reçoit la radiation à travers ce liquide, donne lieu à une question importante, et qu'il ne sera peut-être pas impossible de résoudre par ce genre d'observation. En effet, si l'on veut admettre que les portions du rayonnement total qui développent ce phénomène sont encore les mêmes dans l'eau qu'elles l'étaient dans l'air, il est certain qu'elles arrivent sur la poudre, animées d'une plus grande vitesse dans l'hypothèse de l'émission, et d'une moindre dans l'hypothèse des ondulations. La même opposition théorique a lieu pour notre rétine lorsque nous voyons à travers l'eau, l'œil étant plongé dans ce liquide, comme on peut le faire en nageant. Mais il se pourrait aussi que, dans ces deux cas, la phosphorescence et la vision fussent opérées par des rayons d'une égale vitesse, que des portions du rayonnement diverses et distinctes acquerraient les unes dans l'air, les autres dans l'eau (1). L'alternative est ici pareille à celle que présente la vision de deux étoiles situées dans l'écliptique, l'une en avant de l'observateur vers laquelle la terre marche, l'autre en arrière dont la terre s'éloigne. Et, par des expériences que M. Arago a faites il y a long-temps à la suggestion de M. Laplace, on sait que les lumières ainsi reçues dans l'œil suivant ces deux sens, éprouvent exactement les mêmes réfractions, comme si elles avaient des vitesses égales. Maintenant, lorsque l'expérience nous montre que, dans un même milieu, qui est l'air, le nitrate sensible de M. Daguerre, et la substance plus sensible encore qu'il emploie à ses ta-

(1) M. Arago a rapporté dans la séance même une très belle expérience que j'ignorais qu'il eût faite, et qui me paraît s'accorder avec cette manière de voir. Elle consiste dans l'égalité d'amplitude des bandes diffractées formées sur le chlorure d'argent par un même rayon lumineux, transmis simultanément, en partie à travers l'air, et en partie à travers l'eau. On trouve une confirmation très générale de ces mêmes idées dans l'égalité de vitesse que présentent les rayons lumineux de même nature, émanés de toutes les sources terrestres ou célestes. Mais ceci demande à être développé spécialement.

bleaux photogéniques, sont chimiquement affectés par des portions distinctes de la radiation atmosphérique, comme la diversité d'effets des mêmes écrans dans ces deux cas me semble l'indiquer, ne semble-t-il pas en résulter quelque probabilité que chaque substance s'émeut dans chaque cas sous l'influence des portions de la radiation qui ont actuellement leurs vitesses comprises entre les limites que sa nature de sensibilité exige? De sorte qu'il serait tout-à-fait analogique que la vision s'opérât aussi sur la rétine par les portions de la radiation qui ont actuellement la vitesse propre à exciter cet organe; auquel cas l'identité des réfractions manifestées par les lumières venues des deux étoiles opposées dans l'écliptique appartiendrait à des portions de rayonnements différentes, atteignant dans ces deux cas la même vitesse, comme on l'a déjà remarqué, et comme M. Arago en a lui-même indiqué la possibilité en annonçant l'égalité observée des réfractions. En outre, de même que diverses substances se montrent sensibles à diverses portions d'un même rayonnement, il se pourrait que la vision dans les différents animaux fût excitée par des portions de la radiation totale différentes entre elles, et spécialement convenables à l'organe dont ils sont doués. Cela aiderait à concevoir comment des poissons peuvent encore voir sous une profondeur de 500 brasses ou 1000 mètres d'eau de mer, comme nous l'avons constaté, Delaroche et moi, dans la Méditerranée. J'ai placé ici ces considérations, pour montrer l'importance des questions physiques, qui pourront être abordées au moyen de la substance sensible que possède M. Daguerre, lorsqu'elle pourra être mise entre les mains de tous les observateurs. Et c'est là ce que j'ai voulu indiquer lorsque j'ai dit qu'elle serait pour eux comme une sorte de rétine physique dont les affections pour les rayonnements visibles ou invisibles, pourraient être étudiées indépendamment de nos sensations. »

Après la lecture du Mémoire de M. *Biot*, M. *Arago* a présenté verbalement diverses observations dont nous allons essayer de reproduire la substance.

M. *Arago*, se plaçant d'abord au point de vue historique, rappelle que plusieurs anciens physiciens avaient déjà remarqué que la lumière perd en partie la propriété d'exciter la phosphorescence dans les corps lorsqu'elle passe à travers des verres diaphanes, tels que les vitres. Ainsi, *Homberg* et *Beccari* disaient qu'il ne fallait expérimenter sur la pierre de Bologne qu'en laissant les fenêtres ouvertes.

La grande excitabilité des phosphores formés à l'aide de la calcination

ndus, 1er semestre 1839, page 270.

Expériences comparatéther chlorhydrique acide, puis de

u nord.	
NATURE des ÉCRANS COMPARÉS.	REMARQUES DIVERSES.
Verre bleu de M. Daguerre.. A	e du champ apparent, complète pour l'orifice commun.
Verre blanc diaphane...... B	*id.* complète.
Chaux sulfatée limpide..... C	*id.* presque complète.
Cristal de roche limpide, perpendiculaire à l'axe..... D	*id.* trop petite pour l'épaisseur de la plaque.
ème exposition.	
Papier glace très mince..... E	e du champ, complète pour l'orifice commun.
Verre bleu de M. Daguerre.. A	complète.
Sel gemme................ F	incomplète; l'humidité du brouillard altère le poli.
Cristal de roche limpide, perpendiculaire à l'axe...... G	très incomplète pour la grande épaisseur.
Cristal de la 1re expér...... D	incomplète pour son épaisseur.
Papier nu................. H	totale.
Même jour.	*ut-être encore plus brumeux.*
Verre blanc............... V	e du champ, incomplète.
Sel gemme................ S	moins incomplète.
Papier nu................. H	totale.
22 Févrie	*brumeux, comme le* 21.
Cristal de roche enfumé.......	e du champ apparent, extrêmement rétrécie relativement à l'épaisseur.
Papier glace.................	*id.* totale.

Expériences comparatives des influences exercées par la radiation atmosphérique sur le papier de M. Daguerre, imprégné d'abord d'éther chlorhydrique acide, puis de nitrate d'argent.

NATURE des ÉCRANS COMPARÉS.	LEUR ÉPAISSEUR en millimètres.	ÉPOQUES AUXQUELLES ON A NOTÉ LES IMPRESSIONS ÉPROUVÉES PAR LES PAPIERS DEPUIS L'INSTANT OÙ ON LES A DÉCOUVERTS.				REMARQUES DIVERSES.
21 Février 1839. — Première expérience. *Ciel sombre, brumeux. Brouillard mêlé d'une pluie fine et continue. Exposition au nord.*						
		0′ 45″.	5′ 0″.	6′ 0″.	8′ 10″.	
Verre bleu de M. Daguerre.. A	mm 2,40	Effet douteux....................	Effet sensible............	....	moindre que B, C, D........	ouverture supérieure du champ apparent, complète pour l'orifice commun.
Verre blanc diaphane...... B	3,00	sensible....................	moins que C et D.....	toujours moindre que C et D	plus que A, moins que C et D.	*id.* complète.
Chaux sulfatée limpide..... C	7,00	sensible....................	égal à D.............	plus que B, moins que D?	plus que B, moins que D....	*id.* presque complète.
Cristal de roche limpide, perpendiculaire à l'axe..... D	7,25	sensible....................	égal à C.............	plus que C?	plus que B et C même?......	*id.* trop petite pour l'épaisseur de la plaque.
Même jour. — Deuxième expérience. *Même appareil. Même état atmosphérique : peut-être plus humide encore et plus brumeux. Même exposition.*						
		0′ 25″.	1′ 25″.	2′ 35″.		
Papier glace très mince..... E	très mince.	effet douteux..................	effet douteux.............	effet certain, mais très faible	....	ouverture supérieure du champ, complète pour l'orifice commun.
Verre bleu de M. Daguerre.. A	mm 2,40	inobservab. à cause de la couleur	sensible.............	plus que E, moins que tous les autres..............	....	*id.* complète.
Sel gemme................ F	14,00	sensible....................	plus que A, moins que D...	plus que A, moins que G..	....	*id.* incomplète; l'humidité du brouillard altère le poli.
Cristal de roche limpide, perpendiculaire à l'axe...... G	41,25	sensible....................	plus que F, moins que D...	plus que F, moins que D..	....	*id.* très incomplète pour la grande épaisseur.
Cristal de la 1re expér...... D	7,25	sensible....................	plus que tous les précédents et moins que H.	plus que G, moins que H..	....	*id.* incomplète pour son épaisseur.
Papier nu................ H	0	sensible....................	plus que tous les autres....	plus que tous les autres....	....	*id.* totale.
Même jour. — Troisième expérience. *Appareil à deux écrans. Champ apparent bien plus rétréci que dans le précédent appareil. Même ciel, peut-être encore plus brumeux.*						
		1′ 50″.	3′ 20″.	4′ 15″.		
Verre blanc.............. V	mm 7,75	presque rien de sensible.........	un peu sensible...........	sensible...............	....	ouverture supérieure du champ, incomplète.
Sel gemme................ S	7,00	sensible......................	très sensible............	très sensible...........	....	*id.* moins incomplète.
Papier nu................ H	....	depuis long-temps sensible......	beaucoup plus sensible.....	très marqué..........	....	*id.* totale.
22 Février. — Quatrième expérience. *Appareil à deux écrans. Champ apparent bien plus rétréci que dans les précédentes. Ciel pluvieux et brumeux, comme le 21.*						
		2′.	5′.	10′.		
Cristal de roche enfumé.......	mm 21,75	rien de sensible................	très faible................	sensible, mais faible.....	....	ouverture supérieure du champ apparent, extrêmement rétrécie relativement à l'épaisseur.
Papier glace..................	moins mince que E	peut-être une trace d'action......	sensible..................	faible, mais plus marqué.	....	*id.* totale.

des coquilles d'huîtres, avait aussi été remarquée. M. *Arago* cite *Beccari* et *Benj. Wilson* comme ayant affirmé qu'il suffit d'exposer certains corps à la lumière *pendant une fraction de seconde*, pour qu'ils deviennent lumineux.

M. Arago ajoute quelques développements à ceux que M. Biot a donnés touchant une expérience de phosphorescence à tenter avec de la lumière polarisée.

Nous ne savons pas si le développement du phénomène est lié à l'acte de la réflexion de la lumière par la surface de la matière phosphorescente, ou à celui de la transmission à travers ses molécules accompagnée d'absorption. M. Arago a pensé que cette question pourrait être aujourd'hui résolue. Suivant lui il suffirait d'éclairer successivement une lame phosphorescente de diamant à faces parallèles, par un faisceau polarisé disposé, quant au plan de polarisation et à l'angle d'incidence, de manière qu'il n'éprouvât de réflexion ni à la face d'entrée, ni à la face de sortie. L'effet serait comparé soit à celui qui résulterait, sous une égale incidence, de l'action d'un rayon neutre de même intensité, ou mieux encore à l'effet d'un rayon dont le plan de polarisation couperait rectangulairement le plan de polarisation du premier.

M. Arago a parlé de nouveau et avec des détails plus circonstanciés, d'une expérience à laquelle il avait jadis songé et d'où pourraient aussi surgir quelques données précieuses sur les causes de la phosphorescence. Cette expérience consisterait à rechercher si dans les conditions de différences de chemins parcourus où deux rayons de lumière solaire ont perdu la propriété éclairante et aussi la propriété de décolorer le chlorure d'argent, ils conserveraient encore celle de développer la phosphorescence. A l'occasion des idées théoriques présentées par M. Biot, M. Arago cite enfin des expériences faites par lui, il y a déjà un grand nombre d'années, sur les positions comparatives des bandes obscures et des bandes décolorées du chlorure d'argent, formées à travers l'air et à travers l'eau. Ces expériences avaient d'abord paru devoir conduire à quelque chose de décisif relativement aux deux théories de la lumière qui partagent encore les physiciens; mais après avoir reconnu que, sous ce point de vue, du moins, les objections ne seraient pas sans réplique, M. Arago avait abandonné son travail. Il annonce l'intention de le reprendre.

Après la communication verbale de M. Arago, il a été donné lecture de la note suivante de M. Becquerel.

« J'ignorais que l'on eût déjà remarqué que la lumière solaire perdait en partie sa propriété phosphogénique en traversant le verre; mais je savais, comme on peut le voir dans la note insérée dans le dernier *Compte rendu*, que Placidus Heinrich avait observé qu'en interposant entre le corps et l'étincelle un verre et faisant glisser la décharge sur la surface de ce dernier, la phosphorescence était plus faible; il ne dit donc rien sur l'action à distance. Au surplus, je me bornerai à faire observer à l'Académie que depuis un siècle on s'en est tenu au fait rapporté. »

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction de la lumière; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Suite de la seconde partie. (*Voir* les numéros précédents.)

« Jusqu'à présent nous avons supposé que les divers plans de réflexion et de réfraction se confondaient avec le plan d'incidence. Pour être en état de calculer ce qui arrive dans la supposition contraire, il suffit de rechercher quelles variations subissent l'anomalie et l'azimut d'un rayon simple, quand le plan à partir duquel se comptait l'azimut vient à tourner. On y parvient aisément à l'aide des considérations suivantes :

» Observons d'abord que *si, dans un rayon plan, les déplacements sont mesurés parallèlement à un axe fixe, l'amplitude des vibrations parallèles à cet axe sera évidemment la projection sur le même axe de l'amplitude du rayon*, c'est-à-dire de l'amplitude *maximum*, mesurée sur la droite que décrit une molécule.

» Si, au lieu d'un rayon plan, on considère, dans un milieu isophane et transparent, un rayon doué de la polarisation circulaire, l'amplitude mesurée parallèlement à un diamètre du cercle que décrit une molécule, sera ce diamètre même; et, si l'on décompose le rayon donné en deux autres polarisés, l'un suivant un plan fixe, l'autre perpendiculairement à ce plan, les phases des rayons composants seront deux angles dont la différence, équivalente à l'anomalie, pourra être réduite, abstraction faite du signe, à un angle droit. Si l'on choisit le sens suivant lequel se compteront dans le plan fixe les déplacements positifs, de manière que la différence dont il s'agit soit négative, les cosinus des deux phases se réduiront au sinus et au cosinus de la seconde. D'ailleurs les cosinus des deux phases, ayant pour expressions les rapports qu'on obtient quand on divise par le déplacement absolu d'une molécule, ses déplacements mesurés perpendiculairement et parallèlement au plan fixe, se réduiront encore au sinus

et au cosinus de l'angle que forme avec le plan fixe le rayon vecteur mené à la molécule, ou, ce qui revient au même, le rayon du cercle qu'elle décrit. Donc ce dernier angle pourra être censé se confondre avec la seconde phase. On pourrait le supposer équivalent à la même phase prise en signe contraire, si l'on n'avait pas choisi convenablement le sens suivant lequel se comptent, dans le plan fixe, les déplacements positifs. En résumé, *lorsqu'un rayon doué de la polarisation circulaire sera décomposé en deux autres, polarisés rectilignement suivant deux plans rectangulaires entre eux, chacun des rayons composants aura pour phase un angle que l'on pourra supposer équivalent, au signe près, à l'angle compris entre le plan qui renferme ce rayon, et le rayon du cercle décrit par une molécule.* D'ailleurs la phase d'un rayon plan étant une fonction linéaire du temps, varie de quantités égales en temps égaux. On pourra donc en dire autant de l'angle formé avec un plan fixe par le rayon du cercle que décrit une molécule dans le phénomène de la polarisation circulaire. Donc, *dans un rayon polarisé circulairement, chaque molécule se meut sur le cercle qu'elle parcourt, avec une vitesse constante, de sorte que l'angle et l'aire décrits par le rayon vecteur mené du centre du cercle à la molécule sont proportionnels au temps que le rayon vecteur emploie à les décrire.*

» Observons encore qu'à un rayon plan donné on peut toujours en superposer un autre qui offre la même amplitude de vibrations, avec une phase équivalente à la phase du premier augmentée ou diminuée d'un angle droit, et obtenir ainsi un rayon résultant doué de la polarisation circulaire. Donc, en vertu de ce qui précède, *la phase d'un rayon plan peut être censée se confondre avec l'angle compris entre le plan du rayon et la direction du déplacement absolu d'une molécule, dans un rayon doué de la polarisation circulaire, résultant de la superposition de deux rayons polarisés en ligne droite, dont les plans de polarisation seraient perpendiculaires entre eux, et dont l'un serait précisément le rayon donné.*

» Considérons maintenant, dans un milieu isophane et transparent, un rayon doué de la polarisation elliptique, et concevons qu'on le décompose encore en deux autres, polarisés en ligne droite, l'un suivant un plan fixe, l'autre perpendiculairement à ce plan. Si le plan fixe renferme l'un des axes de l'ellipse décrite par une molécule, l'anomalie ou la différence entre les phases des rayons composants pourra être censée se réduire, au signe près, à un angle droit. En effet, les déplacements d'une molécule étant mesurés parallèlement aux deux axes de l'ellipse décrite, l'un de ces déplacements s'évanouira, et l'autre atteindra sa plus grande

valeur numérique, au moment où la molécule passera par un sommet de l'un des axes. Donc, en ce moment, les cosinus des deux phases auront pour valeurs numériques 0 et 1, et les phases elles-mêmes pourront être réduites l'une à zéro ou à π, l'autre à $\pm \frac{\pi}{2}$. Donc alors la différence des phases, ou l'anomalie sera égale, au signe près, à $\frac{\pi}{2}$.

» Ainsi, *dans un rayon doué de la polarisation elliptique, il suffit de faire passer le plan fixe, à partir duquel se compte l'azimut, par un des axes de l'ellipse que décrit une molécule, pour que l'anomalie se réduise, au signe près*, à $\frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire *à un angle droit*.

» Lorsqu'un rayon doué de la polarisation elliptique est décomposé en deux autres polarisés suivant deux plans rectangulaires entre eux, et que ces deux plans renferment les axes de l'ellipse décrite par une molécule, les deux derniers rayons deviennent ce que nous appellerons les *rayons composants principaux*, leurs plans, leurs phases et leurs amplitudes étant les *plans principaux*, les *phases principales* et les *amplitudes principales*. L'azimut relatif à l'un des deux plans dont il s'agit, sera encore désigné sous le nom d'*azimut principal*. Cela posé, il est clair, 1° *que la différence des phases principales sera égale, au signe près, à un angle droit*; 2° *que les amplitudes principales se réduiront aux deux axes de l'ellipse décrite par une molécule*; 3° que *les azimuts principaux auront pour tangentes trigonométriques les rapports direct et inverse des amplitudes principales*.

» Lorsque les plans des rayons composants ne renferment point les axes de l'ellipse décrite, ils offrent du moins pour traces, sur le plan de cette ellipse, deux diamètres perpendiculaires l'un à l'autre; dans tous les cas, les amplitudes des rayons composants se réduisent aux deux côtés du rectangle circonscrit à l'ellipse, et que chacun des deux diamètres divise en parties symétriques. D'ailleurs il est facile de s'assurer, 1° que les côtés de tout rectangle circonscrit à une ellipse ont pour limite supérieure le grand axe et pour limite inférieure le petit axe de l'ellipse; 2° que la somme des carrés de ces côtés, ou le carré de la diagonale, est constante et egale à la somme des carrés des deux axes. Donc, dans un rayon doué de la polarisation elliptique, les amplitudes *maximum* et *minimum* sont celles qui se mesurent parallèlement au grand axe et au petit axe de l'ellipse que décrit une molécule, c'est-à-dire les amplitudes principales; de plus, lorsqu'un semblable rayon est décomposé en deux autres polarisés suivant

deux plans rectangulaires entre eux, les amplitudes des rayons composants fournissent des carrés dont la somme est constamment la même que celle des carrés des amplitudes principales. La racine carrée de cette somme est ce que nous nommerons l'*amplitude quadratique* du rayon résultant : cette amplitude quadratique se confond évidemment avec l'amplitude *maximum* du rayon plan dans lequel se transformerait le rayon résultant, si l'on parvenait, sans altérer les amplitudes des rayons composants, à replacer les nœuds de l'un sur les nœuds de l'autre.

» Considérons de nouveau, dans un rayon doué de la polarisation elliptique, les rayons composants principaux, dont les plans renferment les axes de l'ellipse décrite par chaque molécule, et dont les phases peuvent être censées différer entre elles d'un angle droit. Si l'on fait varier les amplitudes de ces rayons principaux, ou seulement de l'un d'entre eux, en faisant croître, par exemple, l'amplitude principale *minimum*, c'est-à-dire le petit axe de l'ellipse, sans altérer les phases; la polarisation deviendra circulaire au moment où l'amplitude *minimum* atteindra l'amplitude *maximum*. Réciproquement, pour revenir de la polarisation circulaire à la polarisation elliptique, il suffira de considérer un rayon polarisé circulairement comme résultant de la superposition de deux rayons principaux dont les plans se couperaient à angle droit, et dont les amplitudes seraient égales entre elles, puis de faire décroître dans un rapport donné une seule des amplitudes principales, sans altérer les phases. Alors le cercle décrit par une molécule se transformera en une ellipse dont le grand axe sera un diamètre du cercle, et dont les ordonnées, mesurées sur des perpendiculaires à ce diamètre, seront aux ordonnées correspondantes du cercle dans le rapport donné. Il y a plus; les sommets des ordonnées correspondantes seront des points que la molécule atteindra au même instant, soit qu'elle décrive le cercle ou l'ellipse, et par suite les rayons vecteurs menés à la molécule, 1° dans l'ellipse; 2° dans le cercle seront deux droites dont les ordonnées seront encore entre elles dans le rapport donné. On pourra même en dire autant de deux cordes correspondantes qui représenteraient dans l'ellipse, comme dans le cercle, la distance entre les positions occupées par la molécule à deux instants déterminés. D'ailleurs, lorsque les ordonnées de lignes droites ou courbes, qui servent de limites à une surface plane, décroissent dans un certain rapport, la surface elle-même décroît dans le rapport dont il s'agit. Donc le rapport du petit axe de l'ellipse au grand axe sera aussi le rapport des aires décrites par le rayon vecteur mené à une molécule dans l'ellipse et dans

le cercle; et l'*aire décrite dans l'ellipse*, aussi bien que l'aire décrite dans le cercle, *sera proportionnelle au temps que le rayon vecteur emploie à décrire cette aire.* Ainsi, en particulier, la durée d'une vibration moléculaire, ou le temps que le rayon vecteur emploie pour décrire l'aire totale de l'ellipse, sera le quadruple du temps qu'il emploie à décrire le quart de cette aire, par conséquent le quadruple du temps que la molécule emploie à parcourir l'arc compris entre une extrémité du grand axe et une extrémité du petit axe. Ce n'est pas tout; lorsque la polarisation est circulaire, l'arc de cercle que parcourt une molécule dans un intervalle de temps donné, et l'angle au centre correspondant sont évidemment représentés par les produits qu'on obtient quand on multiplie d'une part la circonférence du cercle décrit, d'autre part le nombre 2π, par le rapport de cet intervalle à la durée d'une vibration moléculaire; et le triangle isocèle, qui, ayant la corde de cet arc pour base, a pour sommet le centre du cercle, offre une surface dont le double a pour mesure le produit du carré du rayon par le sinus de l'angle au centre. Enfin, quand on multiplie le carré du rayon du cercle par le rapport du petit axe de l'ellipse au grand axe, qui est aussi le diamètre du cercle, on obtient pour résultat le produit des deux demi-axes. Donc, *lorsque la polarisation sera elliptique, le triangle qui aura pour sommets le centre de l'ellipse décrite par une molécule, et les positions occupées par cette molécule à deux instants déterminés, offrira une surface dont le double aura pour mesure le produit des deux demi-axes par le sinus d'un angle proportionnel à l'intervalle compris entre ces deux instants.* Donc, si, cet intervalle restant le même, les deux instants varient, la surface du triangle ne changera pas de valeur. Si, pour fixer les idées, on suppose l'intervalle entre les deux instants égal au quart de la durée d'une vibration moléculaire, l'arc de cercle ci-dessus mentionné se réduira au quart de la circonférence, et l'angle au centre correspondant offrira l'unité pour sinus; par conséquent, *dans un rayon doué de la polarisation elliptique, le triangle qui aura pour sommets le centre de l'ellipse décrite par une molécule, et les positions occupées par cette molécule à deux instants que sépare un intervalle égal au quart de la durée d'une vibration, offrira une surface équivalente à la moitié du rectangle construit sur les deux demi-axes de l'ellipse.*

» Pour établir les propositions précédentes, nous avons remplacé un rayon doué de la polarisation elliptique par le système des rayons composants principaux. Voyons ce qui arriverait si à ce système on substituait celui

de deux rayons polarisés suivant deux plans rectangulaires entre eux et dont l'un renfermerait un diamètre donné de l'ellipse décrite. Dans chacun de ces deux nouveaux rayons, comme dans tout rayon plan, le déplacement d'une molécule, mesuré sur la droite qu'elle décrit, sera le produit de deux facteurs, l'un constant, l'autre variable, dont le premier représentera la demi-amplitude des vibrations moléculaires, tandis que le second représentera le cosinus de la phase. Or le cosinus d'un angle se transforme en son sinus, au signe près, lorsque cet angle est augmenté ou diminué d'un quart de circonférence, et l'on sait que les carrés du sinus et du cosinus d'un même angle donnent pour somme l'unité. D'autre part, pour que la phase d'un rayon plan se trouve augmentée ou diminuée d'un quart de circonférence, il suffit de considérer la même molécule à deux instants séparés l'un de l'autre par un intervalle équivalent au quart de la durée d'une vibration moléculaire. Donc, *dans chaque rayon plan, les déplacements absolus d'une molécule mesurés*, 1° *à un instant donné;* 2° *à un second instant séparé du premier par le quart de la durée d'une vibration moléculaire, fourniront des carrés dont la somme sera le carré de la demi-amplitude.*

» Observons maintenant que, dans la polarisation elliptique, deux instants séparés par un intervalle égal au quart de la durée d'une vibration seront ceux où une même molécule parviendra successivement à une extrémité du grand axe, puis à une extrémité du petit axe de l'ellipse qu'elle décrit. Donc celui des rayons composants dont le plan renfermera un diamètre donné de l'ellipse, offrira une demi-amplitude dont le carré sera équivalent à la somme des carrés des déplacements mesurés sur ce diamètre dans ces deux instants, par conséquent à la somme des carrés des projections des deux demi-axes sur ce même diamètre. Or ces deux projections auront pour valeurs numériques les produits qu'on obtient en multipliant chaque demi-axe par le cosinus de l'angle aigu qu'il forme avec le diamètre donné; et dans ce qu'on vient de dire on peut évidemment remplacer la demi-amplitude et les demi-axes par l'amplitude et les axes mêmes. On pourra donc énoncer la proposition suivante :

» *Lorsqu'un rayon doué de la polarisation elliptique est décomposé en deux autres polarisés suivant deux plans rectangulaires entre eux, le carré de l'amplitude de chaque rayon composant équivaut à la somme des deux produits qu'on obtient en multipliant le carré de chaque axe de l'ellipse que décrit une molécule par le carré du cosinus de l'angle aigu que forme cet axe avec le plan de ce même rayon.*

» Les angles aigus, formés par le diamètre donné avec les deux axes de l'ellipse, étant compléments l'un de l'autre, et le carré du sinus ou du cosinus d'un angle étant la moitié de la somme et de la différence qu'on obtient, lorsque l'unité est augmentée ou diminuée du cosinus de l'angle double, la proposition qui précède entraîne encore la suivante :

» *Lorsqu'un rayon doué de la polarisation elliptique est décomposé en deux autres polarisés suivant deux plans rectangulaires entre eux, alors, pour obtenir le carré de l'amplitude de chaque rayon composant, il suffit de former les carrés des deux axes de l'ellipse que décrit une molécule, puis d'ajouter à la demi-somme de ces carrés leur demi-différence multipliée par le cosinus du double de l'angle aigu compris entre le grand axe de l'ellipse, et le plan du rayon que l'on considère.*

» Si l'on passe d'un rayon composant à l'autre, l'angle aigu formé par le plan du rayon avec le grand axe de l'ellipse se transformera en son complément, et le cosinus de l'angle double changera seulement de signe. Cela posé, on déduira immédiatement de la dernière proposition celle que nous allons énoncer.

» *Lorsqu'un rayon doué de la polarisation elliptique est décomposé en deux autres polarisés perpendiculairement à un plan fixe et suivant ce même plan, les carrés des amplitudes des rayons composants offrent pour somme la somme des carrés des axes de l'ellipse que décrit une molécule, et pour différence la différence entre les carrés du grand axe et du petit axe, multipliée par le cosinus du double de l'angle aigu compris entre le grand axe et le plan fixe.*

» La première partie de cette proposition se confond évidemment avec un théorème déjà établi ci-dessus; et l'on peut ajouter que, le carré du déplacement absolu d'une molécule étant la somme des carrés des déplacements mesurés suivant les deux axes de l'ellipse décrite, les carrés des déplacements mesurés à deux instants divers que sépare un intervalle égal au quart de la durée d'une vibration, fourniront, en vertu de ce qui a été dit plus haut, une somme constante, représentée par la somme des carrés des amplitudes principales, ou, ce qui revient au même, par le carré de l'amplitude quadratique. Cette somme ne différera donc pas de la somme des carrés des amplitudes de deux rayons composants dont les plans se coupent à angles droits.

» Nous avons encore une remarque importante à faire relativement aux amplitudes mesurées parallèlement à divers axes dans un rayon doué de la polarisation elliptique. Un semblable rayon étant considéré comme ré-

sultant de la superposition de deux rayons partiels, polarisés l'un suivant un plan fixe, l'autre perpendiculairement à ce plan; à l'instant même où la phase du rayon polarisé perpendiculairement au plan fixe s'évanouira, la phase du rayon polarisé suivant le plan fixe se trouvera représentée par l'anomalie. A un second instant séparé du premier par un intervalle égal au quart de la durée d'une vibration moléculaire, les deux phases dont il s'agit se trouveront augmentées ou diminuées d'un angle droit, en sorte que le cosinus de la première se trouvera réduit à zéro, et le cosinus de la seconde au sinus de l'anomalie ou à ce sinus pris en signe contraire. Donc, à ce second instant, le déplacement absolu de la molécule se mesurera sur une perpendiculaire au plan fixe, et sera égal, abstraction faite du signe, au produit de la demi-amplitude du rayon polarisé suivant le plan fixe par le sinus de l'anomalie. Or, si l'on prend ce déplacement pour base du triangle qui a pour sommets le centre de l'ellipse décrite par une molécule, et les positions occupées par cette molécule aux deux instants, la hauteur de ce triangle sera, non pas le déplacement absolu de la molécule au premier instant, mais la projection de ce déplacement sur le plan fixe, ou, en d'autres termes la demi-amplitude du rayon renfermé dans le plan fixe, puisque au premier instant la phase de ce rayon se réduit à zéro, et offre l'unité pour cosinus. Donc la surface de ce triangle, équivalente à la moitié du rectangle construit sur les demi-axes de l'ellipse, aura pour mesure, au signe près, la moitié du produit des demi-amplitudes des rayons composants par le sinus de l'anomalie. Donc ce dernier produit conservera constamment la même valeur numérique si la direction du plan fixe vient à changer. On peut même affirmer que dans ce cas le produit en question conservera toujours le même signe, puisque ses trois facteurs varieront par degrés insensibles avec la direction du plan fixe. Cela posé, si l'on nomme *anomalie principale* celle qui est relative au système des rayons composants principaux, et qui peut toujours se réduire, au signe près, à un angle droit, on déduira immédiatement de la remarque qu'on vient de faire la proposition suivante.

» *Lorsqu'un rayon doué de la polarisation elliptique est décomposé en deux autres, polarisés perpendiculairement à un plan fixe et suivant ce même plan, le produit des amplitudes des rayons composants par le sinus de l'anomalie est égal au produit des amplitudes principales par le sinus de l'anomalie principale.*

» Si l'on divise les amplitudes des rayons polarisés perpendiculairement

au plan fixe et suivant ce plan par la racine carrée de la somme des carrés de ces deux amplitudes, ou en d'autres termes, par l'amplitude quadratique du rayon résultant, on obtiendra évidemment pour quotients le cosinus et le sinus de l'azimut relatif au plan fixe. En conséquence, on pourra, dans les théorèmes qui précèdent, remplacer le produit des deux amplitudes par le produit de ce sinus et de ce cosinus, ou, ce qui revient au même, par la moitié du sinus du double de l'azimut, et la différence entre les carrés des deux amplitudes par la différence entre les carrés du cosinus et du sinus de l'azimut, ou, ce qui revient au même, par le cosinus de l'azimut doublé. Car opérer ainsi, revient à prendre simplement l'amplitude quadratique pour unité de longueur. Cela posé, on déduira immédiatement des théorèmes dont il s'agit, la proposition suivante.

» *Dans un rayon doué de la polarisation elliptique, le double de l'azimut relatif à un plan fixe quelconque, offre un cosinus proportionnel au cosinus du double de l'angle que forme avec le plan fixe un des axes de l'ellipse décrite par une molécule, et un sinus réciproquement proportionnel au sinus de l'anomalie.*

» Si l'on compare en particulier le double de l'azimut relatif à un plan fixe quelconque au double de l'azimut principal qui correspond au cas où le plan fixe passe par un des axes de l'ellipse, on obtiendra le théorème suivant.

» *Dans un rayon doué de la polarisation elliptique, le double de l'azimut relatif à un plan fixe, et le double d'un azimut principal, c'est-à-dire de l'azimut relatif à l'un des plans principaux, offrent des cosinus dont le rapport est le cosinus du double de l'angle aigu formé par le plan fixe avec le plan principal que l'on considère, et des sinus dont le rapport inverse est le sinus de l'anomalie relative au plan fixe, ou ce sinus pris en signe contraire, suivant que l'anomalie principale est réductible à* $+\frac{\pi}{2}$ *ou à* $-\frac{\pi}{2}$.

» On conclut encore aisément de ce théorème que *la cotangente de l'anomalie relative à un plan fixe est proportionnelle au sinus du double de l'angle aigu formé par le plan fixe avec l'un des plans principaux, et se réduit, au signe près, au produit de ce sinus par la cotangente du double de l'azimut principal relatif au dernier de ces plans.*

» Lorsque la polarisation elliptique se transforme en polarisation circu-

laire, le double de chaque azimut principal est un angle droit, dont le sinus se réduit à l'unité, le cosinus à zéro, et dont la cotangente devient infinie. Donc alors, en vertu des théorèmes précédents, le double de l'azimut relatif à un plan quelconque, et la valeur numérique de l'anomalie doivent constamment se réduire à un angle droit; ce qui est effectivement exact. Alors aussi tout système de plans rectangulaires entre eux et passant par la direction du rayon donné, est un système de plans principaux.

» Lorsque la polarisation elliptique se transforme en polarisation rectiligne, l'amplitude minimum s'évanouit, et par suite les azimuts principaux se réduisent à zéro et à π, les plans principaux n'étant alors autre chose que le plan du rayon et son plan de polarisation. Or, dans ce cas, il résulte des théorèmes énoncés: 1° que l'azimut relatif à un plan quelconque se réduit, comme on devait s'y attendre, à l'angle compris entre ce plan et le plan du rayon; 2° que l'anomalie est constamment nulle; à moins qu'elle ne devienne indéterminée, en vertu de la disparition de l'un des rayons composants, ce qui arrive quand on fait coïncider le plan fixe à partir duquel se compte l'azimut avec l'un des plans principaux.

» Au reste, les diverses propositions que nous venons d'établir, ne sont pas seulement applicables à un rayon de lumière propagé dans un milieu isophane et transparent. Elles peuvent être étendues à un rayon propagé dans un milieu doublement réfringent ou dans un milieu qui absorberait la lumière. Pour s'en convaincre, il suffit de faire attention aux remarques suivantes.

» Dans tout mouvement simple dont le module ne renferme pas le temps, la courbe décrite par une molécule est non-seulement une courbe plane, mais de plus, comme nous l'avons déjà dit, une courbe fermée et rentrante sur elle-même. Si, dans le plan de cette courbe, on trace un axe quelconque, le déplacement de la molécule, mesuré parallèlement à l'axe dont il s'agit, sera le produit de deux facteurs dont l'un (1) se réduira sensiblement à la demi-amplitude des vibrations parallèles à cet axe, tandis que l'autre facteur sera le cosinus de l'angle dont la partie variable est l'argument du mouvement simple, la partie constante étant ce que

(1) Le premier facteur dont il est ici question, sera le produit d'une constante réelle par le module du mouvement simple, et, comme ce module, il ne variera pas d'une manière sensible quand on passera d'un point de la courbe décrite par une molécule à un autre. Par suite, cette courbe, quoique à la rigueur différente de l'ellipse, en différera très peu, et en parlant de mouvements infiniment petits, on pourra la supposer réduite à l'ellipse, comme nous le faisons ici.

nous appelons le paramètre angulaire. Cet angle étant désigné sous le nom de *phase*, si dans le plan de la courbe décrite on trace d'abord un axe fixe, puis un second axe perpendiculaire au premier, les déplacements relatifs à ces deux axes offriront généralement deux phases et deux amplitudes distinctes. La différence de la seconde phase à la première est ce que nous appellerons l'*anomalie* du mouvement simple, et l'angle aigu qui aura pour tangente le rapport de la seconde amplitude à la première sera l'*azimut* relatif à l'axe fixe. Ces définitions étant admises, les relations entre les phases, les amplitudes, l'anomalie et l'azimut, resteront évidemment les mêmes, soit que le module du mouvement simple se réduise à l'unité, soit qu'il varie avec les coordonnées. Dans l'un et l'autre cas, la courbe décrite par chaque molécule sera une ellipse qui pourra quelquefois se réduire à un cercle ou à une droite. En effet, dans l'un et l'autre cas, le sinus et le cosinus de l'argument du mouvement simple, pourront être exprimés par deux fonctions linéaires des déplacements mesurés, dans le plan de la courbe, suivant deux axes rectangulaires entre eux, et en égalant à l'unité la somme des carrés de ces deux fonctions, on obtiendra pour l'équation de la courbe décrite une équation du second degré, en vertu de laquelle ſes déplacements devront toujours conserver des valeurs finies. La seule différence entre le premier cas et le second, c'est que l'amplitude des vibrations parallèles à un axe quelconque restera invariable dans le premier cas, et variera dans le second, quand on passera d'une molécule à une autre. Il sera d'ailleurs naturel de désigner, sous le nom de *phases principales*, d'*amplitudes principales*, d'*anomalies principales* et d'*azimuts principaux*, les phases, les amplitudes, les anomalies et les azimuts qui correspondront aux axes mêmes de l'ellipse décrite par une molécule.

» Comme, dans la théorie de la lumière, l'argument d'un mouvement simple est toujours indépendant du temps, il suit de ce que l'on vient de dire que la polarisation d'un rayon simple, propagé dans un milieu homogène, est toujours elliptique, circulaire ou rectiligne, lors même que ce milieu cesse d'être isophane ou transparent, et que les relations ci-dessus établies entre les phases, les amplitudes, les azimuts et les anomalies sont applicables à un rayon quelconque, pourvu que, dans les énoncés des théorèmes, on substitue généralement au système de deux plans rectangulaires, menés par la direction du rayon, le système de deux axes rectangulaires, tracés dans le plan de l'ellipse décrite par une molécule, et au système des plans principaux le système des deux axes de cette ellipse.

» Il est facile d'appliquer les divers théorèmes ci-dessus établis à la recherche des modifications qu'éprouve un rayon simple, quand on lui fait subir plusieurs réflexions ou réfractions successives, opérées chacune par la surface de séparation de deux milieux isophanes, dont le premier au moins est transparent. En effet, à l'aide de ces théorèmes, en supposant connus, pour chaque rayon incident, l'azimut relatif au plan d'incidence et l'anomalie correspondante, on pourra déterminer les azimuts principaux, ainsi que les directions des plans principaux; et réciproquement, en supposant connus, pour chaque rayon réfléchi ou réfracté, les azimuts principaux, ainsi que les directions des plans principaux, on pourra déterminer, pour le même rayon, l'anomalie et l'azimut qui correspondront à un nouveau plan d'incidence. D'ailleurs, pour chaque réflexion ou réfraction, l'on saura comment l'anomalie et l'azimut, relatifs au plan d'incidence, varient dans le passage du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, quand on connaîtra l'anomalie et l'azimut de réflexion ou de réfraction. Ainsi, en particulier, d'après ce qui a été dit plus haut, la variation de l'anomalie, dans le passage du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté, ne sera autre chose que l'anomalie de réflexion ou de réfraction.

» Lorsque le rayon incident est doué de la polarisation rectiligne, alors, pour que l'un des plans principaux du rayon réfléchi coïncide avec le plan d'incidence et de réflexion, il est nécessaire que l'anomalie de réflexion puisse être censée se réduire, au signe près, à un angle droit; en d'autres termes, il est nécessaire que les coefficients de réflexion des rayons composants, polarisés, l'un suivant le plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan, offrent un rapport dont la partie réelle s'évanouisse. Cette condition étant supposée remplie, l'azimut de réflexion est ce que devient l'azimut principal du rayon réfléchi, quand on prend pour azimut du rayon incident 45 degrés, et ce que nous nommerons en conséquence l'*azimut principal de réflexion*. L'incidence qui fournira l'azimut principal de réflexion sera nommée elle-même *incidence principale*. Si l'azimut principal de réflexion devient un angle droit, alors, quelle que soit la direction du plan de polarisation du rayon incident, l'incidence principale fournira un rayon réfléchi, *polarisé dans le plan d'incidence*. C'est ce qui arrive, quand la réflexion a lieu à la surface du verre, ou d'autres corps transparents, capables, comme on le dit, de polariser complétement la lumière. Alors, l'incidence principale ne diffère pas de ce qu'on a nommé l'*angle de*

polarisation. Mais, si l'azimut principal n'étant pas nul, diffère d'un angle droit, le rayon réfléchi cessera d'être un rayon plan, et, *pour obtenir la polarisation circulaire après une seule réflexion, il suffira, en faisant tourner le rayon incident sur lui-même, d'amener son plan de polarisation dans une position telle que l'azimut du rayon incident soit le complément de l'azimut de réflexion principal.* En suivant cette règle, on pourra transformer un rayon plan en un rayon doué de la polarisation circulaire, à l'aide d'une seule réflexion effectuée, sous l'incidence principale, par la surface extérieure d'un métal ou d'un corps transparent qui, comme le diamant, polarise incomplétement la lumière. Si la réflexion était opérée par la surface intérieure d'un corps transparent, il pourrait y avoir, dans certains cas, deux incidences principales, l'une inférieure, l'autre supérieure à l'angle de réflexion totale, ainsi qu'on l'expliquera plus tard. Lorsque la réflexion est opérée par la surface extérieure d'un corps opaque, et en particulier d'un métal, l'incidence principale coïncide avec ce que M. Brewster a nommé *the maximum polarising angle,* et ne doit pas être confondue avec un autre angle qui, à la vérité, en diffère souvent très peu, savoir, avec l'angle d'incidence pour lequel la quantité de lumière polarisée dans le plan d'incidence est la plus grande possible, et pour lequel aussi l'azimut de réflexion devient un *maximum.* »

ANALYSE. — *Lettre de* M. JACOBI *à M. Arago, concernant les lignes géodésiques tracées sur un ellipsoïde à trois axes.*

« Konigsberg, le 28 décembre 1838.

» Monsieur,

» Je suis parvenu à ramener aux quadratures la ligne géodésique sur un ellipsoïde à trois axes inégaux. Ce sont des formules extrêmement simples, des intégrales abéliennes qui se changent dans les intégrales elliptiques connues, en égalant entre eux deux de ces trois axes. Ce problème m'ayant paru long-temps très difficile, je crois que sa solution pourra intéresser peut-être quelques-uns des illustres membres de l'Académie des Sciences. »

Agronomie. — *Mémoire sur la classification des terrains agricoles; par* M. de Gasparin.

(Commissaires, MM. Mirbel, Élie de Beaumont, Berthier, Pelouze.)

« Ce Mémoire est la première partie d'un ouvrage sur l'Agronomie, branche de la science agricole qui a pour but l'étude des terrains; ce qui concerne leur appropriation aux cultures et leur valeur relative, est réservé pour un autre travail, l'auteur se bornant aujourd'hui à traiter de leur classification.

» On a droit de s'étonner de ce qu'un art qui a occupé l'attention de tant d'hommes distingués, qui forme la base de la fortune nationale, et qui emploie tant de forces diverses, n'ait pas encore de mot pour exprimer les qualités diverses de la terre qui sert de théâtre et de matière première à ses opérations. On a souvent cherché à lui donner une nomenclature, premier besoin d'une science qui tend à s'organiser; mais pour y réussir, il fallait atteindre les progrès qu'ont faits aujourd'hui les sciences naturelles.

» Pour trouver à apprécier les caractères qui devaient servir à sa classification, l'auteur a interrogé la chimie, la physique, l'inspection microscopique, la géologie, la botanique. Les terres ont été analysées, expérimentées, observées sous tous ces rapports. Ne pouvant ici nous étendre au long sur ces longues recherches, nous nous bornerons à citer quelques faits qui résultent de ce travail.

» 1°. L'auteur signale la petite quantité de carbonate de chaux qui suffit pour changer le caractère des terrains. On savait que 5 à 6 centièmes de cette substance, fournie par le marnage, produisent des effets remarquables, mais 1 centième que contient la terre de Lille, analysée par M. Berthier, affecte déjà sensiblement la nature et la végétation. La chaux disparaît peu à peu du terrain en se transformant en bicarbonate. L'enclos de la Grande-Chartreuse, formé de débris de roches qui contiennent de la chaux, n'en présente plus un atome.

» 2°. Le carbonate de magnésie modifie les terres de la même manière que le carbonate de chaux. Les terres de la vallée du Nil le contiennent en grande quantité; celles du Bas-Languedoc en présentent souvent de 8 à 33 centièmes.

» 3°. On a cherché souvent, sans succès, des caractères pour distin-

guer les terrains où le gypse produit de l'effet sur les légumineuses et ceux où il n'en a aucun. L'auteur a constaté que l'action du gypse est nulle sur les alluvions récentes, et qu'il réussit sur tous les terrains plus anciens, à partir des *diluviums*.

» 4°. Il a trouvé de l'ammoniaque dans toutes les argiles appartenant à la couche végétale des terrains. Cette observation prouve l'importance du rôle de l'argile, comme dépôt de matières propres à la végétation.

» 5°. Si par la lévigation on sépare en plusieurs lots les parties les plus grossières de la terre des plus fines, la ténacité de cette terre est en raison de l'abondance de ces dernières, excepté dans un petit nombre de cas.

» 6°. L'inspection microscopique fait connaître que ces exceptions tiennent à un enduit d'argile ferrugineuse adhérente aux faces des particules minérales, que le lavage en sépare difficilement, et qui sert de ciment pour les agglutiner avec force et augmenter la ténacité de leur assemblage.

Principes de la classification des terres.

» Si nous étudions les objets qui se trouvent dans la nature, pour les connaître en eux-mêmes sous tous les rapports de leur organisation et de leurs propriétés, c'est dans leur être intime, dans les rapports de leurs parties, dans leurs ressemblances et leurs dissemblances, que nous devons chercher les moyens de les grouper entre eux, sans aucun égard aux circonstances qui sont étrangères à leur propre existence. C'est ainsi que Jussieu a établi ses familles de plantes, Cuvier celles des animaux, M. Beudant ses ordres de minéraux. Chacun de leurs groupes rassemble les êtres ou les corps qui se ressemblent le plus entre eux, sous tous les rapports appréciables de leur organisation ou de leur texture, mais sans y mêler aucune idée étrangère d'utilité; c'est de l'Histoire naturelle pure.

» Mais si nous changeons de point de vue, si ce n'est pas l'être ou le corps en lui-même que nous voulons étudier, mais seulement telle ou telle propriété de l'être, dès-lors la classification cesse d'être une méthode naturelle, et devient une classification usuelle. Ainsi, quand nous voulons étudier les plantes sous le point de vue agricole, la considération des familles ne pourrait que nous égarer; nous ne pourrions établir aucun principe agricole qui fût commun à une famille entière. Celle des Graminées, par exemple, nous présente le blé, le riz, la canne à sucre, le fromental, qui exigent des soins et servent à des usages fort différents. D'ailleurs, le nombre des plantes cultivées est peu considérable, et en

rédigeant un cours d'Agriculture d'après l'ordre des familles, on n'aurait plus que des lambeaux de ces familles, qui, détachés de leur ensemble, ne seraient plus qu'un véritable désordre, dès qu'on aurait fait disparaître les chaînons intermédiaires qui établissent l'ordre dans leur enchaînement.

» Que faudrait-il donc faire? Il faudrait rapprocher entre elles les plantes dont le genre de culture a le plus d'analogie, et l'on aurait, par exemple: 1° les arbres forestiers; 2° les arbres et arbustes à récolte annuelle (mûriers, arbres à fruits, vignes); 3° les plantes à graine féculente (blé, avoine, sarrasin); 4° les plantes à graine huileuse (colza, pavot); 5° les plantes à fourrage (la luzerne, l'ivraie vivace, la spergule); 6° les plantes textiles (le chanvre, le lin); 7° les plantes à tige tinctoriale (la gaude, le pastel); 8° les plantes oléracées (l'épinard, la chicorée); 9° les racines (la betterave, la carotte, la garance); etc., etc. On forme ainsi les classes dans lesquelles les affinités naturelles des plantes sont souvent brisées, mais qui offrent un autre genre d'affinités, celui qui résulte de leur mode de culture. Ce sont donc des classes naturelles sous le rapport agricole, tandis qu'elles cessent de l'être sous celui de l'Histoire naturelle.

» C'est ce qui a été fait aussi pour les matières médicales, alimentaires, etc.; la Chimie elle-même a classé les corps naturels dans un autre ordre que la Minéralogie, parce que son point de vue était différent. Ainsi, non-seulement les arts d'application, mais les sciences pures elles-mêmes modifient les classifications selon l'objet qu'elles se proposent, sans rien changer aux rapports naturels des corps; elles déterminent celle de leurs propriétés qui doit prédominer dans l'ordre qu'elles leur imposent.

» En Agronomie ce ne sont déjà plus des substances simples, des corps dans leur état individuel, comme une plante, un cristal que nous avons à examiner; ce sont des mélanges de plusieurs de ces substances, dont on ne forme des individus que par abstraction, ainsi que cela a lieu pour les roches, et formés, comme elles, de la réunion de plusieurs minéraux. Mais cette opération intellectuelle qui saisit la réunion habituelle de plusieurs substances pour en former un être collectif, est bien plus naturelle dans la pratique, que celle qui consisterait à ne considérer dans un granite que les trois minéraux qui le composent, sans avoir égard à leur agrégation, ou encore mieux, que celle qui, décomposant ces minéraux en leurs derniers éléments chimiques, rayerait le granite de ses nomenclatures pour ne plus y placer

que l'oxigène, le silicium, l'aluminium, le potassium, le magnesium et le fer.

» Il en est ainsi des terres, soit qu'elles ne présentent qu'un seul élément minéral, la silice, par exemple; soit, comme cela arrive plus souvent, qu'elles en présentent plusieurs, et qu'on les trouve associées à des débris végétaux ou animaux. Nous pourrons considérer abstractivement chacun de ces mélanges comme une roche pulvérisée, et agir sur elle comme on a agi sur les roches pour en former un ensemble systématique.

» Après avoir démontré que la raison et l'usage nous autorisent à proposer une classification de terres sous le point de vue spécial propre à l'Agriculture, nous devons examiner, 1° quels sont les caractères que l'Agriculture doit rechercher dans les terres; 2° la valeur relative de chacun de ces caracteres; 3° leur application à la classification.

§ Ier. *Caractères des terres relativement à l'Agriculture.*

» Quand un agriculteur s'attache à l'étude d'une terre, il lui est fort indifférent qu'elle soit composée d'alumine et de silice, ou que ces substances soient à l'état de quartz ou de feldspath, ou que par leur agrégation elles forment des débris de granite, ouenfin qu'elles appartiennent aux terrains primitifs, de transition, ou à une alluvion; ce qu'il demande, c'est de savoir quel genre de plantes le sol portera avêc plus d'avantage, la force qu'il exigera pour être mis en culture, les engrais qu'il nécessitera, la quantité de cet engrais qu'il abandonnera à la plante, et celle qu'il tiendra en réserve dans sa propre substance; voilà les trois caractères agricoles, ceux qui s'adaptent au plan de l'Agronomie, ceux qui portent la lumière dans ses recherches.

» Or, ce que nous avons dit en parlant de la composition et des propriétés des sols, nous prouve que certains de ces éléments scientifiques sont en rapport avec les propriétés recherchées par l'Agriculture.

» Ainsi, pour ce qui concerne la nature des récoltes à demander aux terrains, les terres qui contiennent des carbonates de chaux et de magnésie sont éminemment propres à produire des froments et des légumineuses. Les terres silico-argileuses sont le sol spécial des forêts; les terres siliceuses sont propres aux plantes dont la végétation a lieu en hiver, comme les seigles, les raves; le terreau favorise la végétation des plantes potagères que l'on cultive pour les tiges et les feuilles, etc.

» Sous le point de vue de la facilité et de la difficulté des travaux, les

terres siliceuses s'ouvrent sans effort, ainsi que celles d'origine organique; les terres calcaires et les glaises offrent de grandes différences à cet égard, selon la diversité de leur composition.

» Enfin, les terres sableuses et calcaires demandent des fumures fréquentes qu'elles décomposent au profit immédiat des plantes, tandis que les argileuses retiennent le fumier et peuvent être fumées à de plus longs intervalles et avec plus d'abondance; les terres diluviennes admettent l'amendement du plâtre; les argiles siliceuses, celui de la marne; les terres de nature organique exigent la présence du fumier animal pour faciliter et activer la décomposition du terreau.

» Ainsi, nous retrouvons dans les caractères minéralogiques, physiques et géologiques, que nous avons examinés en détail, de certains rapports avec les caractères agricoles; il y a des groupes entiers de terres, dont les caractères naturels répondent à ces caractères agricoles, et reproduisent des propriétés qui leurs sont communes. Après les avoir reconnus et signalés, il ne nous restera donc qu'à rechercher ceux qui par leur importance et leur généralité, sont destinés à former nos coupes primordiales.

§ II. *Valeur relative des caractères.*

» Pour apprécier la valeur relative des caractères agricoles que nous avons énumérés, il faut, je pense, rechercher quels sont les plus indispensables, ceux qui, s'ils n'existaient pas, porteraient le plus de perturbation dans l'Agriculture; le degré de cette nécessité indiquera ensuite les subdivisions relatives.

» L'appropriation des terres aux diverses cultures, nous semble posséder au plus haut degré ces qualités; c'est par elle, en effet, que commence toute tentative d'exploitation agricole; ce n'est qu'après avoir destiné telle ou telle terre à une culture qui lui soit appropriée, que l'on pense aux travaux et aux amendements qui lui sont nécessaires. Ces travaux, ces amendements seraient sans but et sans direction, si l'on ignorait à quelle plante ils doivent servir. Il y a plus, c'est que cette recherche de l'appropriation des terres aux cultures, s'allie à la classification la plus naturelle, sous le rapport minéralogique; elle rompt le moins d'affinités et par conséquent rend plus satisfaisante et plus facile la détermination des sols.

» La force nécessaire pour exécuter des travaux a aussi une grande importance; si l'appropriation des sols décide le côté phytologique d'une culture, cette autre considération s'adresse à son côté économique.

» Elle modifie le plan d'assolement qu'on aurait pu arrêter sur la pre-

mière considération isolée. Elle a aussi une influence décisive sur le choix des moyens à employer pour vaincre la résistance, sur le nombre, le genre d'animaux, sur les outils que l'on doit choisir. Mais si on la prenait pour base primordiale de la classification, on romprait toutes les affinités naturelles des sols; car toutes les espèces minéralogiques sont susceptibles d'un degré plus ou moins grand de ténacité. D'ailleurs il est facile de voir que cette plus ou moins grande facilité de travail, séparée de la faculté de produire les plantes les plus utiles, est une qualité sans portée; qu'il importe peu que l'on puisse labourer facilement un sable aride ou difficilement une marne grasse; et qu'enfin dans l'examen d'un domaine, c'est l'aspect des plantes que l'on interroge avant de calculer les frais qu'elles ont coûté.

» Quant aux amendements et aux engrais nécessaires aux plantes, ils sont sans doute le signe et le couronnement d'une bonne agriculture; mais leur usage est bien moins général qu'il ne devrait l'être: le plus grand nombre des terres se cultive sans leur secours; on ne peut donc considérer une exception, qui, nous l'espérons, cessera enfin d'en être une, comme un caractère aussi général que les précédents.

» Ainsi nous établirons la subordination des caractères agricoles que l'on doit considérer dans les terres, de la manière suivante :

» 1°. Appropriation du sol aux plantes;

» 2°. Ténacité de la terre;

» 3°. Aptitude du sol à recevoir certains genres d'engrais ou d'amendements.

§ III. *Classification primordiale des terres d'après leur appropriation aux cultures.*

» Les céréales sont partout en Europe la base des exploitations rurales. Elles réussissent plus ou moins dans tous les sols qui peuvent leur offrir un ferme appui, et qui cependant laissent pénétrer l'air à leurs racines, depuis les sols sablonneux qui ne contiennent pas au moins $\frac{80}{100}$ de matières sableuses ou pierreuses, jusqu'aux glaises tenaces, pourvu que les terrains ne renferment pas 0,02 de sel marin, ou une quantité quelconque de sulfate de fer. Les terrains de terreau pur sont aussi exclus de cette culture par le défaut de cohésion des éléments et les fréquents changements de volume.

» Ces exclusions nous donnent donc trois groupes principaux des sols: 1° les terrains salifères; 2° les terrains sableux qui renferment 0,80 de sable et de pierre; 3° les terrains organiques qui contiennent 0,25 de terreau.

» Il est à remarquer que cette division s'accorde non-seulement avec l'étude minéralogique du sol, mais avec sa ténacité, et qu'elle est donc parfaitement naturelle.

» Il nous reste une grande masse de terres dans lesquelles vient le froment, quand elles contiennent d'ailleurs une quantité suffisante de matières organiques; mais il n'est pas également prospère dans toutes.

» Pour qu'il y réussise pleinement, il manque à celles qui ne contiennent que de la silice et de l'argile, un principe sans lequel elles ne portent pas de pleine récolte : ce principe c'est la chaux. Dès qu'on le leur fournit, leurs produits augmentent aussitôt d'une manière remarquable : d'un tiers, d'un quart, de moitié. La végétation des céréales nous indique donc encore ici une coupe qui subdivise les terres en terres à carbonates (de chaux ou de magnésie qui supplée la première), et en terres silico-argileuses, ou *glaises*, qui ne renferment point de carbonate de chaux ou de magnésie.

» Ici le principe agricole se trouve à son tour d'accord avec le principe tiré de l'amendement, mais non plus avec celui de la ténacité : car dans ces deux classes de terrains on trouve, selon la proportion des principes minéraux qu'elles renferment, des terres d'une ténacité différente.

» Les autres genres de culture viennent confirmer ce premier coup d'œil. Les arbres fruitiers viennent très bien sur les terres siliceuses et sur les glaises : ce sont en général les terrains des forêts; les légumineuses préfèrent les terrains à carbonate et y vivent naturellement; les plantes tinctoriales ne donnent des couleurs vives que sur ces derniers.

» Nous avons déjà dit que nous ne pouvions nous servir des caractères tirés de la ténacité du sol, sans briser les groupes que nous venons de former; nous devons donc les réserver pour en former des groupes secondaires qui subdivisent nos premières classes.

» Il en sera de même de ceux qui sont tirés de la propriété qu'a le gypse de rendre certaines terres éminemment propres à la production des légumineuses; mais nous avons vu que c'est la position géologique des terres, plus que la composition, qui sert jusqu'à présent à les désigner. Or, chacun de nos groupes renferme des terres de diverses formations géologiques; nous nous exposerions donc encore à les décomposer si nous introduisions cette considération dans la formation de nos coupes primordiales; et, d'après ce que nous avons dit plus haut, ce caractère ne prendra rang qu'après celui tiré de la ténacité.

» Ces principes convenus, nous allons exposer la classification des terrains agraires telle qu'elle nous paraît en résulter.

PREMIÈRE DIVISION. — *TERRES A BASE MINÉRALE.*

Caractère. Ces terres ne perdent pas un quart de leur poids en les chauffant jusqu'à ce qu'elles n'émettent plus de vapeur.

PREMIÈRE CLASSE. — *TERRES SALIFÈRES.*

Caractère. Terres à saveur salée ou styptique, renfermant au moins 0,005 d'hydrochlorate de soude ou de sulfate de fer.

1°. *Terres salines.* L'eau digérée sur ces terres donne un précipité par le nitrate d'argent;

2°. *Terres vitriolées.* L'hydro-cyanate de potasse précipite en blanc le sel ferrugineux contenu dans l'eau qui a digéré sur la terre.

DEUXIÈME CLASSE. — *TERRES SILICEUSES.*

Caractères. Ne faisant pas effervescence avec les acides, donnant par la lévigation au moins 0,70 pour leur premier lot (1).

TROISIÈME CLASSE. — *GLAISES.*

Caractère. Ne faisant pas effervescence avec les acides, donnant par la lévigation moins de 0,70 pour leur premier lot.

QUATRIÈME CLASSE. — *TERRES CALCIFÈRES OU MAGNÉSIFÈRES.*

Caractères. Faisant effervescence avec les acides; on trouve de la chaux ou de la magnésie, et l'un ou l'autre dans la solution.

Premier sous-ordre. — *Craies.*

Caractères. Ne laissant pas de résidu après l'action de l'acide, ou ne laissant qu'un résidu siliceux moindre de 0,50.

Deuxième sous-ordre. — *Sables.*

Caractère. Le sol contient 0,50 au moins de sable siliceux ou calcaire qui ne passe pas à un crible dont les trous ont $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre.

Troisième sous-ordre. — *Argiles.*

Caractère. La terre laisse pour résidu 0,50 d'argile après l'effervescence et la levigation.

---

(1) Le premier lot comprend les particules les plus grossières qui se deposent quand l'eau dans laquelle la terre est dissoute, est vivement agitée.

Quatrième sous-ordre. — *Marnes.*

Caractère. Après l'action de l'acide, il reste de l'argile dont la lévigation n'enlève pas plus de 0,10 de silice libre.

Première section. — *Marnes calcaires.*

Caractère. Ayant au moins 0,50 de carbonate de chaux ou de magnésie.

Deuxième section. — *Marnes argileuses.*

Caractère. Ayant au moins 0,50 d'argile.

Cinquième sous-ordre. — *Loams.*

Caractère. Après l'action de l'acide, le résidu présente de l'argile et de la silice libre, qui par leur lévigation donnent chacun plus de 0,10 du poids de la terre.

DEUXIÈME DIVISION. — *TERRES A BASE ORGANIQUE.*

Caractère. Perdant au moins un cinquième de leur poids lorsqu'elles sont chauffées, jusqu'à ce qu'elles n'émettent plus de vapeur.

PREMIÈRE CLASSE. — *TERREAU DOUX.*

Caractère. L'eau dans laquelle on a digéré ou bouilli ce terreau, ne rougit pas le papier de tournesol.

DEUXIÈME CLASSE. — *TERREAU ACIDE.*

Caractère. L'eau dans laquelle du terreau a digéré ou bouilli, rougit le papier de tournesol.

» Dans chacune de ces classes, les genres sont formés par la considération de la ténacité de la terre, qui est si importante pour la caractériser.

» L'ouvrage est terminé par la fixation des règles qui doivent servir à la description des espèces, et par des exemples de tous les modes de ces descriptions.

» En les lisant on comprend tout de suite combien cette méthode donne une idée nette des terres qu'elle vous met sous les yeux, de manière à ne pouvoir être méconnues par aucun agriculteur. On conçoit alors la possibilité de se transmettre à distance des notions claires, applicables, qui feront disparaître ce vague dont nous nous plaignons à si juste titre.

» Si j'ai rempli le but que je me suis proposé en écrivant cet ouvrage, l'étude des livres agricoles sera facilitée; les méthodes diverses que l'on observe dans les pays lointains, seront dépouillées de tout leur merveilleux, et deviendront plus positives; nous comprendrons mieux les motifs

qui limitent ou étendent les cultures; et, un lien nécessaire étant établi entre la science agricole et les autres sciences naturelles, elle deviendra plus intelligible à tous, et profitera plus facilement des progrès de toutes les branches des connaissances humaines. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

Mémoire et expériences sur l'écoulement de l'air, déterminé par des différences de pression considérables; par MM. **Barré de Saint-Venant**, ingénieur des ponts-et-chaussées, *et* **Wantzel**, aspirant ingénieur au même corps, répétiteur à l'École Polytechnique.

« Dans les expériences connues de MM. Lagerhjelm et d'Aubuisson sur l'écoulement de l'air par un petit orifice mettant en communication deux espaces qui contiennent ce fluide à des pressions différentes, la différence des deux pressions n'a jamais été qu'une très faible fraction de la plus petite. Les résultats sont représentés, d'une manière assez approchée, par les formules connues, appliquées en supposant que la pression est la même dans la veine qui traverse l'orifice et dans l'espace où elle se rend.

» Mais lorsqu'on essaie d'appliquer ces formules, *avec la même supposition,* au cas où les pressions qui règnent dans les deux espaces sont très différentes, on arrive à des résultats extrêmement singuliers et de nature à faire suspecter l'exactitude de l'hypothèse qui y conduit.

» L'objet principal du Mémoire présenté et des expériences des auteurs est d'examiner si ces résultats sont conformes ou s'ils sont contraires aux faits, et, dans ce dernier cas, de rechercher ce qu'on doit substituer, pour la pratique, aux formules en usage.

» Les principes de l'hydrodynamique donnent pour la *vitesse réduite de l'écoulement d'un gaz*, c'est-à-dire pour la dépense de ce gaz, exprimée en volume à la densité primitive Δ, par unité de temps et de superficie de l'orifice

$$V_r = m\,\frac{\Delta_r}{\Delta}\sqrt{2\int_{P_r}^{P}\frac{dp}{\delta}},\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(A)$$

p et δ étant la pression et la densité en un point quelconque, P et Δ leurs valeurs aux points de l'espace d'*amont* où le fluide est sensiblement stagnant, P_r et Δ_r *leurs valeurs moyennes aux divers points de l'orifice,* et m un coefficient numérique.

» Si, faute de connaître P_1 et Δ_1, on les suppose égales à la pression P' et à la densité Δ' qui règnent, à une certaine distance de l'orifice, dans l'espace d'*aval* supposé très grand comme l'espace d'amont, et si la différence P — P' est assez petite pour que l'on puisse négliger son carré devant celui de P ou de P', la formule (1) devient

$$V_r = m\sqrt{2\frac{P}{\Delta}\left(1-\frac{P'}{P}\right)}.\dots\dots\dots\dots\dots\dots(B)$$

C'est l'expression qui représente, d'une manière suffisamment exacte, les expériences citées.

» Lorsque P et P' sont très différents l'un de l'autre, il faut une autre formule. M. Navier, pour l'établir, fait varier p proportionnellement à δ, en négligeant l'abaissement de température qui empêche cette proportionnalité de se maintenir, ce qui donne en supposant toujours $P_1 = P'$:

$$V_r = m\frac{P'}{P}\sqrt{2\frac{P}{\Delta}\left(\log \text{hyp.} \frac{P}{P'}\right)}.\dots\dots\dots\dots\dots\dots(C)$$

Mais cette expression est à son maximum lorsque $\frac{P'}{P} = 0{,}60653$, et elle devient nulle pour $P' = 0$. D'où il suivrait : 1° *que lorsque la pression qui agit dans un sens opposé à l'écoulement du gaz descend au-dessous des trois cinquièmes de la pression qui le sollicite à s'écouler, l'écoulement, au lieu d'augmenter, diminue;* 2° *que lorsqu'un espace est vide, un gaz ne peut s'y écouler quelle que soit la pression à laquelle il est soumis.*

» Ces résultats bizarres ont déjà été signalés en partie sous une autre forme par M. Coriolis (*). On ne les évite pas en faisant varier le nombre fini m. On n'y échappe pas non plus en tenant compte du refroidissement de l'air, dû à la dilatation qu'il éprouve jusqu'à son passage par l'orifice; car si l'on suppose, avec Lagrange et M. Poisson, que la pression p varie comme une puissance γ de la densité δ, l'équation (1) donne

$$V_r = m\left(\frac{P_1}{P}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\sqrt{2\frac{P}{\Delta}\,\frac{1-\left(\frac{P_1}{P}\right)^{1-\frac{1}{\gamma}}}{1-\frac{1}{\gamma}}};\dots\dots\dots\dots\dots(D)$$

(*) Rapport fait le 19 février 1838 sur divers Mémoires de M. de Pambour. Les développements verbaux que M. Coriolis a bien voulu donner, à l'un des auteurs, sur un passage de ce Rapport (*Compte rendu*, 1er semestre, 1838, p. 229), ont été la principale occasion de ces recherches.

formule nouvelle, aussi simple que (C), et dont l'exactitude ne laisserait probablement rien à désirer pour les applications si l'on connaissait dans chaque cas, avec la valeur à donner à γ, celle de la pression moyenne P_1 à l'orifice. Mais si, pour suppléer à cette dernière connaissance, on y suppose $P_1 = P'$, on tombe dans les conclusions singulières que donne la formule (C).

» Les expériences que les auteurs ont entreprises pour les contrôler, ont consisté, simplement, à faire le vide sous une grande cloche de verre, puis à y faire rentrer l'air par un petit orifice, tantôt percé dans une plaque mince, tantôt évasé à son entrée ou à sa sortie, et à observer, comparativement aux temps indiqués par les battements d'un pendule, l'élévation progressive de la pression sous la cloche jusqu'à son complet remplissage. Des diverses valeurs de cette pression, combinées avec les températures, on peut déduire, par le calcul, les quantités d'air qui existent à chaque instant sous la cloche, en sorte que ces expériences fournissent toutes les données nécessaires à la détermination des quantités d'air qui s'écoulent dans l'unité de temps, pour toutes les valeurs du rapport $\frac{P'}{P}$ des pressions d'amont et d'aval. On en déduit les vitesses réduites au moyen des aires des orifices qui ont été mesurées avec une grande précision.

» Elles font reconnaître tout d'abord que les conclusions bizarres énoncées ci-dessus sont contraires aux faits, ainsi que la supposition que la pression moyenne P_1 à l'orifice soit toujours à peu près égale à la pression P' qui a lieu au-delà. Voici, du reste, les conséquences principales que les auteurs tirent de leurs expériences :

» Toutes choses égales d'ailleurs, l'écoulement de l'air par un orifice est d'autant plus considérable que la pression d'aval P' est plus petite par rapport à la pression d'amont P. Tant que la première de ces pressions n'excède pas les 0,30 ou même les 0,40 de la seconde, la dépense, ou quantité écoulée par unité de temps *est sensiblement la même;* cette quantité diminue lentement d'abord, plus vite ensuite, quand la pression d'aval augmente par rapport à la pression d'amont, et elle devient nulle après un temps fini, lorsque les pressions deviennent les mêmes dans les deux espaces que l'orifice met en communication.

» La dépense par seconde et par mètre carré d'orifice en volume à la densité d'amont, ou ce que nous avons appelé la vitesse réduite V_r, peut être représentée empiriquement, en mètres, d'une manière suffisamment

approchée, par la formule suivante (qui coïncide avec la formule ancienne (B) quand $1 - \frac{P'}{P}$ est très petit) :

$$V_r = \frac{m\sqrt{2\frac{P}{\Delta}}\sqrt{1-\frac{P'}{P}}}{1+\frac{1}{n}\left(1-\frac{P'}{P}\right)^{\frac{n'+1}{2}}},$$

ou (ce qui revient au même)

$$= 395\, m\sqrt{1+\alpha\theta}\cdot\frac{\sqrt{1-\frac{P'}{P}}}{1+\frac{1}{n}\left(1-\frac{P'}{P}\right)^{\frac{n'+1}{2}}}\cdots \quad (E),$$

dans laquelle θ est la température de l'air du côté d'amont, α le coefficient de la dilatation des gaz par degré centigrade (0,00364 suivant les expériences les plus récentes des physiciens), m et n deux nombres qui dépendent de la nature de l'orifice, et n' un nombre auquel on donne une valeur un peu plus grande qu'à n pour que la formule donne une valeur à peu près constante à V_r, entre les limites dont nous venons de parler.

» On doit prendre :

Pour les orifices en mince paroi..........	$m = 0,61$,	$\frac{1}{n} = 0,58$,	$\frac{n'+1}{2} = \frac{3}{2}$,
évasés en quart de rond ou d'ovale, à leur entrée..............................	0,98 ..	1,28	1,
évasés à leur entrée et à leur sortie.......	1,08 ..	1,32	1,
évasés à leur sortie seulement..........	0,70 ..	0,82	$\frac{5}{4}$ (1).

» Un orifice en mince paroi ne fournit que les 0,61 à 0,68 du gaz que donne un orifice évasé à son entrée (ou du côté d'amont), quand la différence des pressions d'amont et d'aval, et par suite la vitesse réduite, n'est pas très considérable; il en fournit près de 0,9 quand la vitesse réduite est à son maximum. Un évasement du côté d'aval ou de la sortie augmente

(1) Dans les expériences faites, la pression d'amont P a toujours été d'une atmosphère. Mais il y a de fortes raisons de penser que les vitesses d'écoulement dépendent seulement du rapport $\frac{P'}{P}$ des pressions d'aval et d'amont, et nullement des grandeurs de ces pressions, au moins dans des limites très étendues et qui comprennent celles des applications ordinaires.

de $\frac{1}{10}$ les petites vitesses, et de $\frac{1}{13}$ les grandes quand il y a déjà un évasement à l'entrée : il ne change pas sensiblement les grandes vitesses quand l'évasement manque à l'entrée, mais il augmente les petites de près de $\frac{1}{6}$.

» La pression moyenne à l'orifice peut descendre un peu au-dessous de la pression d'aval, lorsque l'orifice étant évasé à sa sortie, les pressions d'amont et d'aval sont peu différentes l'une de l'autre. Hors ce cas, la pression moyenne à l'orifice paraît être toujours intermédiaire entre les pressions d'amont et d'aval, et il y a tout lieu de penser qu'elle ne s'abaisse jamais au-dessous des trois cinquièmes de la pression d'amont, quelque petite que soit celle d'aval.

» L'abaissement de température qu'éprouve l'air en se dilatant, n'a pas d'influence sensible sur la valeur de la vitesse d'écoulement, quand la différence des pressions d'amont et d'aval est peu considérable par rapport à chacune d'elles. Mais il faut en tenir compte quand cette différence est grande. La formule logarithmique (C) obtenue en négligeant le refroidissement, ne peut représenter certains faits, même en y remettant $\frac{P_{\prime}}{P}$ à la place de $\frac{P'}{P}$, quelque valeur que l'on donne à ce rapport. La formule (D) représente ces faits, mais en donnant à l'exposant γ une valeur supérieure à $\frac{5}{4}$ et au moins égale à $\frac{4}{3}$, en sorte que, jusqu'à l'orifice, le rayonnement fournit probablement fort peu de chaleur au gaz refroidi, et le refroidissement est considérable. Mais ce refroidissement disparaît un peu au-delà de l'orifice quand le gaz écoulé perd sa vitesse par le frottement et se mêle au gaz qui se trouve déjà en aval. »

PHYSIQUE. — *Mémoire sur un nouveau Galvanomètre; par* M. E. PECLET.

(Commissaires, MM. Savart, Savary.)

« Les instruments connus sous le nom de Galvanomètres, et qu'il serait plus convenable de désigner sous celui de *Rhéomètres*, ont plusieurs inconvénients graves qui en rendent la construction très difficile.

» 1°. Il faut employer des fils de cuivre entièrement privés d'action magnétique; car si cette condition n'est pas remplie, l'aiguille a 3 points d'arrêt résultant de l'action des deux faisceaux dans lesquels on est obligé de diviser le fil pour faire passer la tige qui relie les deux aiguilles. Il paraît qu'il est très difficile de se procurer des fils de cuivre non magnéti-

ques, du moins c'est ce que prétendent les constructeurs de galvanomètres; et ils font un secret des moyens qu'ils emploient pour s'en procurer.

» 2°. Les deux aiguilles ayant leurs pôles opposés, l'action de la terre sert d'armature à l'une d'elles, et tend à diminuer l'état magnétique de l'autre, de sorte que la sensibilité de l'instrument diminue avec le temps.

» 3°. Les aiguilles n'ayant qu'un petit diamètre, leur état magnétique est fortement influencé, et d'une manière permanente, par le voisinage d'un aimant, d'un corps magnétique, par les chocs et les variations de température; et quand, par une cause quelconque, la sensibilité de l'instrument a diminué, on ne peut la rétablir qu'en aimantant de nouveau les aiguilles; ce qui présente de grandes difficultés quand les deux aiguilles sont d'inégales longueurs, circonstance qui existe dans les instruments de M. Melloni.

» 4°. Enfin, dans tous les instruments construits jusqu'ici, les aiguilles font un grand nombre d'oscillations avant de se fixer; circonstance qui exige l'emploi de tables de correction, ou qui limite l'usage de l'instrument aux courants constants.

» J'ai cherché à faire disparaître ces inconvénients, et à obtenir en même temps une plus grande sensibilité; j'y suis parvenu par la disposition suivante.

» Un fil de cuivre rouge entouré de soie est uniformément enroulé autour d'un cadre en bois, de manière à ne former qu'un seul faisceau d'une largeur à peu près deux fois plus petite que dans la disposition généralement employée. Sur le cadre se trouve fixé le cadran tracé sur une épaisse plaque de cuivre rouge, et le cadre est disposé de manière à pouvoir facilement tourner sur lui-même. La partie mobile de l'appareil est formée de deux barreaux d'acier fortement trempés, aimantés à saturation, ayant la forme en losange des aiguilles de boussole, mais 4 à 5 millimètres de hauteur; ils sont fixés horizontalement et perpendiculairement, les pôles contraires en regard, sur les côtés horizontaux d'un cadre en ivoire, dont le côté inférieur est placé dans l'orifice du cadre autour duquel le fil est enroulé. Au-dessus du barreau supérieur se trouve une aiguille dont l'axe de figure est dans le plan vertical des axes des barreaux, et qui peut tourner autour d'un axe horizontal de manière à prendre une inclinaison quelconque; le système des deux barreaux et de l'aiguille est suspendu suivant la méthode ordinaire, à un fil de cocon.

» Par cette disposition, le système ne doit avoir qu'un seul point d'arrêt,

puisque le fil métallique ne forme qu'un seul faisceau et c'est ce qui existe en effet; dans un des appareils que j'ai construits, le fil de cuivre était tellement magnétique, qu'en employant la méthode ordinaire, l'aiguille pouvait s'arrêter à 0°, à + 20° et à — 20°, tandis que, employé comme je viens de le dire, l'aiguille dérangée de sa position revient toujours à 0°. A la vérité, l'angle de déviation se trouve limité et d'autant plus que le cadre est plus large; mais cet inconvénient n'en est réellement pas un, car au-delà de 40°, les intensités des courants croissent suivant une loi si rapide par rapport aux déviations, qu'on ne peut rien mesurer. Dans les nouveaux instruments la limite de déviation est de 50°.

» L'état magnétique du système peut s'approcher, autant qu'on veut, de l'état astatique parfait, en donnant à l'aiguille compensatrice, une direction convenable; et cet état primitif peut facilement se reproduire, quand par une cause quelconque l'intensité magnétique des barreaux a changé, et il suffit pour cela de faire varier l'inclinaison de l'aiguille compensatrice. On peut aussi, par le même moyen, faire varier à volonté la sensibilité de l'instrument, et le faire servir à des usages qui exigeraient des galvanomètres différents.

» La plaque de cuivre sur laquelle est fixé le cadran, étant continue au-dessous du barreau supérieur, elle agit avec une bien plus grande efficacité pour atténuer les oscillations de l'aiguille, que lorsqu'elle est percée par une fente, comme cela a lieu dans tous les galvanomètres. Dans ces appareils, l'aiguille étant à une distance angulaire de 50°, et abandonnée à elle-même, parvient au repos après 5 ou 6 oscillations, dont les amplitudes de chaque côté du zéro, sont 50, 17, 4, 3, 0.

» Dans la nouvelle disposition, la déviation, toutes choses égales d'ailleurs, est plus grande que dans les appareils construits avec de petites aiguilles, parce que la force qui produit la déviation est proportionnelle à l'intensité magnétique d'une des aiguilles, et que cette intensité augmente avec la masse. Avec un des appareils que j'ai fait construire, une différence de température de 1° dans les deux soudures d'un circuit court, fer et cuivre, a produit une déviation de 25°. Une différence de 20°, dans les deux soudures d'un circuit formé d'un fil de cuivre de 100^{m} de longueur et de 2^{mm} de diamètre, et d'un fil de fer de quelques décimètres de longueur, a produit une déviation de 35°.

» Je pense que cette nouvelle disposition des galvanomètres sera utile, d'abord parce qu'elle permet d'atteindre une plus grande sensibilité et un degré de sensibilité momentanée, variable au gré de l'observateur;

et, en outre, parce que l'absence de la condition des fils non magnétiques et le mode employé pour rendre le système astatique, font disparaître toutes les difficultés de construction (1). »

ICHTYOLOGIE. — *Notice sur la génération des Anguilles; par* M. DE JOANNIS, lieutenant de vaisseau.

(Commissaires, MM. Duméril, de Blainville, Milne Edwards.)

Le Mémoire de M. de Joannis a pour objet d'établir que les anguilles sont vivipares, et non ovipares, ni ovovivipares. Nous nous bornerons à en extraire le passage suivant:

« Un paysan vint un jour me trouver, dit M. de Joannis, et me dit que la veille il lui était arrivé quelque chose de fort surprenant, et qu'il n'avait jamais vu, quoique âgé :

» Hier, 20 mars, me dit-il, je pêchai une grosse anguille, puis en rentrant à la maison, je la mis dans un grand plat creux que je recouvris » d'un autre plat, étant obligé de retourner à mon travail des champs. Le » soir je rentrai; mais quel fut mon étonnement, quand en levant le plat » de dessus, pour prendre mon anguille, je la vis entourée de peut-être » deux cents petits, longs d'un pouce et demi à deux pouces, gros » comme des fils et presque blancs.

» Ce fait me parut tellement intéressant et décisif, que j'accablai cet homme de questions; et voilà le résumé de ce que j'en obtins:

» Au moment où l'homme s'aperçut du fait, l'anguille était encore en train de faire ses petits, car il en trouva un qui n'était qu'à moitié sorti.

» Une petite quantité de matière glaireuse était au fond du plat; mais fort peu.

» Les petits déjà nés étaient parvenus en serpentant, à monter le long des parois du grand plat.

» Quelques-uns étaient collés par la partie postérieure du corps, et levaient presque convulsivement la tête ; d'autres étaient morts; d'autres s'agitaient, et surtout au fond du plat.

» Leurs deux yeux se voyaient très bien, et étaient deux gros points noirs.

» En général, on remarquait que les petits qui serpentaient le long des

---

(1) Les nouveaux galvanomètres ont été construits par M. Billant, rue Saint-Jacques, n° 30.

parois du plat, étaient entravés dans leurs mouvements par une matière colorante dont leur corps était couvert, et qui les faisait plus ou moins adhérer.

» Puis l'homme avait mangé son anguille, et jeté tous les petits, qui selon lui n'étaient bons à rien.

» Voici des faits qui, pour moi, sont aussi certains que si je les avais vus. La moralité de cet homme que je connaissais, son caractère sérieux, et son ignorance en semblable matière, sont des preuves plus que suffisantes, je crois, pour établir la véracité de son récit. Aussi je ne crains pas de l'avancer comme un fait que je regarde comme démontré : les anguilles sont vivipares. Je ne dirai pas qu'elles sont ovovivipares, attendu qu'on ne trouve jamais d'œufs. »

M. **Victor Szokalski**, docteur en médecine, adresse un Mémoire intitulé : *Essai sur la sensation des couleurs dans l'état physiologique et pathologique de l'œil.*

(Commissaires, MM. Arago, Magendie, Chevreul, Breschet.)

M. **Morel de Moudon** présente un Mémoire qui a pour titre : *Lettre à l'Académie des Sciences sur des considérations très générales de physiologie et de pathologie.*

(Commissaires, MM. Magendie, Serres, Breschet.)

CORRESPONDANCE.

Communication de deux lettres de M. **Talbot** *à* M. Biot, *contenant l'exposition de son procédé pour faire le* sensitive paper.

« Dans une lettre que j'avais écrite à M. Talbot, le 13 de ce mois, dit M. Biot, je lui avais témoigné le regret de ce que l'extrait de son Mémoire inséré dans le n° 589 de l'Athenæum ne contînt aucune indication spéciale sur le procédé qu'il employait pour la préparation de son *sensitive paper,* et je lui exprimais combien il serait désirable qu'il voulût le rendre public dans l'intérêt des expérimentateurs. Dimanche, 17, M. Daguerre m'ayant communiqué le moyen qu'il avait trouvé depuis plusieurs années, pour produire un effet analogue, et m'ayant autorisé à en faire part à l'Académie, je me fis un devoir d'informer M. Talbot de cette

circonstance, par une lettre écrite le lendemain 18, mais sans l'instruire d'ailleurs de la préparation que M. Daguerre employait. Je reçus alors de M. Talbot les deux lettres suivantes, qui me parvinrent ensemble le samedi 23. Présumant qu'elles pouvaient contenir des communications sur sa découverte, et voulant conserver tous ses droits intacts, je portai ces deux lettres non décachetées, le soir même, à la Société Philomatique, où elles furent ouvertes et paraphées par le président, M. Milne-Edwards. Comme M. Talbot avait bien voulu les mettre à ma libre disposition, je m'empresse de les communiquer textuellement à l'Académie, persuadé qu'elle ne peut que les accueillir avec le plus grand intérêt. Les voici, telles qu'elles ont été écrites en français, par M. Talbot lui-même.

Londres, 20 et 21 février 1839.

« Monsieur,

» Je m'empresse de répondre à vos deux lettres du 13 et 18 de ce mois, dans la dernière desquelles vous me faites l'honneur de m'informer que M. Daguerre a découvert de son côté un procédé pour faire du papier sensitif.

» Comme il n'y a pas un seul mot dans votre lettre sur la *fixation* ou conservation subséquente des images ainsi obtenues sur le papier, je dois conclure de là, ou que M. Daguerre ne fait pas usage d'un tel procédé, ou que du moins il n'a pas jugé à propos de le communiquer.

» Je ne sais si M. Daguerre aura mis sous les yeux de l'Académie, dans sa séance de lundi dernier, une série aussi nombreuse et variée de dessins photogéniques exécutés sur papier, que celle que j'ai montrée de mon côté à la Société royale et à l'Institution royale, et aussi long-temps et fraîchement conservée; mais, quoi qu'il en soit, et quelle que soit d'ailleurs la perfection des procédés, une fois qu'il est reconnu que mes recherches ont été parfaitement indépendantes, je ne me mettrai pas trop en peine qu'on soit arrivé ailleurs à de semblables résultats.

» Pour vous montrer, Monsieur, combien je suis sensible aux sentiments que vous avez bien voulu me témoigner, dictés par l'amour sincère et véritable de la science, je répondrai aux questions que vous m'avez faites, et je vous décrirai nettement ma manière de faire les tableaux photogéniques, en vous épargnant les détails minutieux que la pratique fait découvrir, et qui ajoutent quelque chose à la perfection du travail, ainsi qu'à la certitude du succès, sans rien changer au principe essentiel.

» Pour faire ce qu'on peut appeler du *papier photogénique* ordinaire, je choisis d'abord un papier ferme et de bonne qualité; je le plonge dans une solution *faible* de sel ordinaire, et je l'essuie avec un linge pour que le sel soit distribué dans le papier aussi uniformément que possible; ensuite j'étends sur un côté du papier une solution de nitrate d'argent mêlée de beaucoup d'eau; je le sèche au feu, et l'on peut s'en servir de suite. En répétant cette expérience de diverses manières, on trouvera qu'il y a une certaine proportion entre la quantité du sel et celle de la solution d'argent, que l'on doit employer de préférence. Si l'on augmente la quantité du sel au-delà de ce point, l'effet diminue, et en certains cas, peut même devenir presque nul. Ce papier, si on l'a bien fait, peut servir à grand nombre d'usages photogéniques ordinaires. Rien de plus parfait, par exemple, que les images des feuilles et des fleurs qu'on peut en obtenir avec le soleil de juillet; la lumière pénétrant à travers les feuilles, en dessine chaque nervure.

» Maintenant, que l'on prenne une feuille de papier ainsi préparé et que l'on étende dessus une solution saturée de sel marin, et qu'on le laisse sécher au feu; on trouvera alors ordinairement la sensibilité du papier très diminuée, quelquefois même réduite à fort peu de chose; surtout si on l'a gardé quelques semaines avant d'en faire l'expérience. Mais si l'on y met encore une fois de la solution d'argent, le papier redevient sensible à la lumière et même plus qu'il n'était la première fois. C'est ainsi, en mettant alternativement sur le papier des couches de sel et d'argent, que je parviens à le rendre assez sensible pour pouvoir fixer avec une certaine rapidité les images données par la *camera obscura*.

» Mais il y a une observation qu'il ne faut pas négliger. Comme on arriverait de cette manière à des résultats tantôt plus tantôt moins satisfaisants, par suite des petites variations accidentelles, on trouve, si l'on répète souvent l'expérience, que parfois le chlorure d'argent ainsi obtenu est disposé à se noircir peu à peu sans être exposé à la lumière. C'est aller trop loin; mais aussi c'est le but dont il faut s'approcher autant que possible sans l'atteindre tout-à-fait. Ainsi, après avoir préparé un certain nombre de feuilles de papier, avec des proportions chimiques un peu différentes pour chacune, j'en expose des échantillons marqués et numérotés, en même lieu, à une lumière diffuse très faible, pendant un quart d'heure ou une demi-heure. S'il y a entre ces échantillons un quelconque qui montre avoir un avantage marqué sur les autres, comme cela arrive, je choisis le

papier avec le numéro correspondant, et je ne manque pas de m'en servir aussitôt que possible après l'avoir préparé.

» Il me reste à vous décrire, Monsieur, les moyens dont je me sers pour fixer les images ainsi obtenues. Après plusieurs tentatives infructueuses, le premier moyen qui m'a réussi c'est de laver le dessin avec de l'iodure de potasse mêlé de beaucoup d'eau. Il se forme alors un iodure d'argent qui est tout-à-fait inattaquable par le soleil. Ce procédé, toutefois, exige des précautions, car si l'on fait usage d'une solution trop forte, cela pourrait enlever les parties noires du tableau qu'il faut laisser intactes. Mais on réussira bien en prenant une solution d'une médiocre faiblesse. En faisant usage de ce procédé, j'ai des dessins parfaitement conservés depuis près de cinq ans, quoique pendant cet intervalle, souvent exposés en plein soleil.

» Mais un moyen plus simple, et duquel je me suis très souvent servi, consiste à plonger les dessins dans une forte solution de *sel marin ordinaire*, les essuyer légèrement et les sécher. Plus le soleil a été brillant dont on s'est servi pour faire le tableau, plus ce moyen de conservation est efficace; car alors les parties noires du tableau ne souffrent aucune altération par suite de l'action du sel. Maintenant, si l'on expose le tableau au soleil, les parties blanches prennent assez souvent une teinte lilas clair, puis deviennent insensibles. En poursuivant et répétant ces expériences j'ai trouvé que cette coloration en lilas n'est pas uniforme, et qu'il existe des proportions avec lesquelles elle ne se produit pas; on obtient alors, si l'on veut des lumières absolument blanches (1).

» Mon excellent ami, sir J. Herschel, m'a communiqué ces jours derniers une méthode très belle de son invention pour la conservation des tableaux photogéniques. Cependant je ne dois point la décrire sans lui en avoir demandé la permission. Je dirai seulement que j'ai répété son expérience avec un plein succès.

» Recevez, etc.

Signé, H. Fox Talbot,
membre de la Société royale.

---

(1) D'après ce qui précède, et d'après la nature même du procédé, il semble que les *lumières blanches*, dont l'auteur parle, sont celles des parties blanches du dessin photogénique, correspondantes aux parties obscures ou ombrées des objets réels. (Note de M. *Biot*.)

MÉTÉOROLOGIE OPTIQUE. — *Lettre de* M. **Babinet** *à* M. Arago, *sur le soleil bleu.*

« A l'occasion de la communication de M. Forbes sur le soleil vu rouge au travers de la vapeur d'eau, permettez-moi de faire connaître à l'Académie que dans l'étude que j'ai faite des phénomènes d'Optique météorologique, je n'ai point négligé ces couleurs à teinte remarquablement plate, que prennent quelquefois le soleil et la lune, sans anneaux environnants. Le phénomène du soleil rouge peut être attribué à un défaut de transparence de l'air provenant de vapeurs ou de toute autre cause, car l'intervalle fondamental des interférences étant beaucoup plus grand pour le rouge que pour le bleu et le violet, celui-ci périt le premier, et les obstacles à sa transmission sont comparativement beaucoup plus grands que pour le rouge : c'est exactement la même chose que dans la réflexion très rasante sur le verre simplement douci, qui commence toujours par le rouge. (Sur quoi je dirai qu'il est fort douteux que la teinte rouge-brun du cristal de roche enfumé tienne à une couleur vraie et non à une exclusion des couleurs inférieures du spectre, produite par le défaut de diaphanéité de la matière étrangère.)

» Un phénomène beaucoup plus rare et plus curieux que le soleil rouge, est le *soleil bleu*. Le disque de cet astre est alors d'un bleu de bonne teinte, quoique mêlé de blanc. Les recueils scientifiques en rapportent quelques exemples, et j'en ai moi-même observé deux cas. Il est évident que la teinte jaune, beaucoup moins remarquable à cause de son analogie avec le blanc, doit se présenter aussi fréquemment, tandis que le violet, à cause de sa difficulté à traverser les milieux imparfaitement diaphanes, doit souvent manquer. J'attribue ces couleurs à l'interférence des rayons qui ont traversé les vésicules d'eau ou de vapeur avec ceux qui ont passé à travers l'air seulement. Le phénomène suppose uniquement que la partie de chaque vésicule traversée ne soit pas trop épaisse ; ce qu'il est facile d'admettre *à priori*. Il est absolument de la même nature que celui que vous avez observé dans les lames de mica ou de gypse déchirées par échelons, et où les deux rayons voisins qui traversent des épaisseurs diverses de mica ou de gypse, interfèrent et donnent des couleurs. (Expérience qui, par parenthèse, nous a été réimportée deux fois d'Angleterre l'année dernière.) Ce sont encore les phénomènes connus des *mixed plates* ou *lames mixtes* de Young.

» Pour reproduire donc le soleil bleu, rouge, jaune, violet même, j'ai pris (Société Philomatique, 1827) deux verres plans circulaires, séparés par une couche mixte d'eau et d'air, d'huile et d'air, enfin, d'huile et d'eau; et en rapprochant convenablement les verres, j'ai rendu une bougie vue au travers, d'une teinte uniforme rouge, bleue, violette, à volonté. L'image affaiblie du soleil réfléchi par l'eau prend les mêmes couleurs; mais la lune se voit encore mieux et avec la vision directe. Il me semble donc qu'il n'y a plus rien à ajouter à l'explication et à la reproduction du phénomène météorologique.

» Mais, pour ne pas quitter les couleurs des *lames mixtes* sans en indiquer quelques particularités autres que leurs teintes très uniformes, je dirai qu'autour de la bougie on voit le champ des deux verres teint d'une couleur plus faible et *complémentaire* de la couleur de la bougie; circonstance dont Young, que je consultai là-dessus, ne voyait pas bien la cause, et dont j'ai négligé aussi la recherche. Je dirai encore que ces couleurs diffèrent des couleurs ordinaires des lames minces, en ce que celles-ci, dans les incidences obliques, sont polarisées suivant le plan d'incidence, tant pour les *anneaux transmis*, que pour les *anneaux réfléchis*, comme vous l'avez fait voir dans les *Mémoires d'Arcueil;* ce qui n'a pas lieu pour les couleurs des lames mixtes transmises obliquement, lesquelles sont polarisées partiellement *comme par transmission*, c'est-à-dire perpendiculairement aux plans d'incidence, de réflexion ou de transmission qui coïncident ici. Je finirai en remarquant que les deux plans de verre étant superposés, on arrive facilement à donner à la lame mixte l'épaisseur convenable en tournant les deux verres l'un sur l'autre avec l'aide d'une pression modérée et d'un peu de chaleur.

» *P. S.* J'ajoute encore que les couleurs des *lames mixtes* n'ont pas besoin, comme celles des anneaux ordinaires, d'être placées à la distance de la vue distincte; que les deux rayons interférents n'ayant pas en général la même intensité, il ne peut y avoir destruction complète d'aucune couleur, ce qui veut dire que toutes les teintes sont plus ou moins mêlées de blanc; et qu'enfin, pour les anneaux réfléchis des plaques mixtes, le centre est *blanc*, contrairement à ce qu'on observe dans les anneaux ordinaires, à cause de la perte connue d'un demi-intervalle d'interférence. »

NAVIGATION. — *Lettre de* M. **Bechameil**, *capitaine de corvette, à* M. Arago, *sur la navigation à la vapeur.*

« La Havane, le 12 janvier 1839.

» Monsieur,

» Je croirais manquer au devoir sacré de la reconnaissance si vous n'étiez pas le premier à apprendre de moi le succès du voyage du *Véloce.* La preuve que je primais M. Hubert découle de la comparaison de mon bâtiment avec *le Caméléon.* Je suis à *La Havane; le Caméléon* ne peut être lancé avant un an.

» *Le Véloce* vient de gagner ses éperons. Le trajet de Rochefort ici s'est fait en 29 jours 16 heures. Il faut en retrancher *dix-huit* heures perdues au port de *Baraca* (*Cuba*) pour se procurer un pilote du vieux canal de Bahama, et *douze* heures devant La Havane. (Arrivé à la nuit tombante, il m'a fallu attendre le jour : il n'est pas permis d'entrer de nuit.)

» Ainsi donc, le temps véritablement employé à franchir l'espace entre Rochefort et ici (1850 lieues marines) a été de 28 jours plus une fraction. Route moyenne du *Véloce,* 64 lieues marines (80 lieues de poste) par 24 heures; c'est une route plus rapide que le service des dépêches.

» Le grand problème de l'application des deux moteurs, regardé comme insoluble, est donc désormais démontré. Si *le Véloce,* parti de France dans la plus mauvaise saison de l'année, 9 *décembre,* et arrivé aux attérages de Cuba à l'époque des grands vents contraires, n'a pas sensiblement été arrêté dans sa course par ces difficultés, on doit regarder les autres voyages comme certains.

» L'application des bateaux à la grande navigation doit changer la nature de la guerre maritime. On ne peut soutenir le contraire.

» On a tant et tant cité *le Great-Western,* on a tant vanté ce bâtiment, que je ne puis me refuser le plaisir de la comparaison entre *le Véloce* et lui. Le bâtiment anglais d'abord coûte beaucoup plus que le nôtre, puisque l'un porte une machine de 500 chevaux et l'autre de 220.

» Supposons les deux bâtiments chargés d'une lettre pressée pour La Havane, et voyons combien de temps ils emploieraient pour y arriver; comparons aussi leurs dépenses :

			jours	heures
Véloce.	Voyage de Rochefort à La Havane............	=	28	10
	Temps inutilement perdu pour attendre les pilotes.	=	1	6
	Total......	=	29	16

			jours	heures
Great-Western.	D'Angleterre à New-York (en cette saison)......	=	15	0
	Consommation de combustible pendant ce voyage (40 tonneaux par 24 heures) 600 tonneaux.			
	Temps indispensable pour pourvoir au remplacement de ces 600 tonneaux (il ne peut se rendre directement)................................	=	8	0
	Route de New-Yorck à La Havane...............	=	7	0
	Perte de temps pour les pilotes (on doit compter les mêmes chances) comme *le Véloce*..........	=	1	6
	Somme....	=	31	6

DÉPENSE.

Great-Western.	Combustible employé dans la 1re partie du voyage.	=	600 tonneaux.
	Idem, Idem de New-York à La Havane (moitié distance)................................	=	300
	Total......	=	900
	Plus les corps gras correspondants.		
Véloce.	Charbon brûlé de Rochefort à La Havane.......	=	290 tonneaux.
	Les corps gras proportionnels.		

Rapport entre les consommations des deux bâtiments = 900 : 290, ou un peu moins de *un* à *trois*.

» Voilà des faits incontestables. Les ignorants ou les gens de mauvaise foi peuvent seuls les contester.

» On paraît admirer les dimensions colossales du *steamer* anglais. On a tort, car on a oublié de les comparer à l'*homme*, unité de mesure. Un pareil bâtiment est bon pour transporter des passagers ; mais qu'en ferait-on en marine ? On oublie le vaisseau à 4 ponts espagnol, la *Sancta-Trinitad*, incapable d'évoluer, parce que les hommes les plus hauts devenaient des *Lilliputiens* en comparaison des masses énormes à faire mouvoir. Un bâtiment ne peut pas se mesurer à la *lieue*. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Hauteur du baromètre à Altona pendant l'ouragan du 7 janvier 1839.*

A *Altona* le minimum de hauteur, suivant les observations de M. Schumacher, paraît avoir eu lieu le 7 janvier entre 9^{h} et minuit. Ce minimum, au reste, n'a pas été à beaucoup près aussi bas qu'à *Edimburgh*. A $8^{h}\,40'$, le baromètre, réduit à 0° de température, marquait encore :

$$0^{m},7168.$$

Dans la lettre d'où nous extrayons ces chiffres, M. *Schumacher* examine la question de savoir à qui doit être attribué le procédé à l'aide duquel les astronomes parviennent aujourd'hui à évaluer les dixièmes de secondes de temps. M. *Schumacher* croit que le procédé appartient à *Bouguer* et non à *Maskelyne*, et en trouve la preuve dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences* pour 1748.

MÉTÉOROLOGIE. — M. *Arago* a donné l'analyse de cinq lettres qu'il a reçues de M. *Pentland*, sur la forme réelle des halos; sur la hauteur moyenne du baromètre entre les tropiques et au niveau de la mer; sur la température moyenne de l'atmosphère et de la mer dans les mêmes régions; enfin, sur les propriétés échauffantes des rayons solaires par de grandes et de faibles latitudes.

Avant de consigner dans le *Compte rendu* les résultats de ces importants travaux, nous attendrons l'arrivée en Europe de M. Pentland et les éclaircissements qu'il donnera sur quelques parties des tableaux qui, faute de développement, laissent un peu de louche.

M. *Arago* annonce qu'il a reçu de *Constantine* un grand cahier d'observations météorologiques faites par un officier, ancien élève de l'École Polytechnique, mais qui ne donne pas son nom.

M. ROBERT écrit que, devant partir au mois de mai prochain pour la Russie, et visiter particulièrement les côtes de la mer Blanche, depuis Archangel jusqu'où il pourra s'avancer vers l'est, il serait flatté de recevoir de l'Académie des instructions relatives à la botanique, la zoologie et particulièrement la géologie.

M. Robert regrette de n'avoir pu rapporter du spath bien pur dans son dernier voyage d'Islande; il en indique le gisement ainsi qu'il suit: « C'est » sur la côte méridionale du golfe d'Eske dans le Rode-Fiordur, qu'est » situé le fameux spath d'Islande. A peu près à 300 pieds au-dessus du » niveau de la mer, en remontant le torrent Silfurlækir (ruisseau d'ar- » gent), sur sa rive droite, on remarque une masse brillante comme un » métal. Le spath d'Islande y forme une espèce de filon de 40 pieds en- » viron de longueur, sur 8 à 9 pieds d'épaisseur au centre. Il est incliné » de 25 degrés environ, et dirigé de l'est à l'ouest du compas. Le torrent » a 15 pieds environ de profondeur, et s'est creusé un lit au milieu même » du spath, après avoir sans doute, dans l'origine, mis cette substance à » jour. Le spath est ordinairement demi opaque, et quand il devient trans-

» lucide, il est encore altéré par une foule de lignes de clivage suivant la
» grande diagonale. Toutefois on peut espérer en rencontrer d'assez pur,
» en fouillant bien avant dans la masse, ainsi qu'aux extrémités du filon,
» là où il baigne dans une terre rougeâtre, constamment imprégnée
» d'eau. »

M. **Petit**, docteur en médecine, inspecteur adjoint des eaux de Vichy, adresse une réclamation, au sujet de la lettre envoyée à l'Académie, le 11 de ce mois, par M. Leroy d'Étiolles relativement à un calculeux qui aurait fait usage des eaux de Vichy.

M. **Leroy d'Étiolles** envoie une réponse à la première réclamation de M. *Petit*.

M. l'abbé **Moigno** adresse quelques extraits des ouvrages, maintenant trop peu lus, de *Beccari* et de *Beccaria* sur la phosphorescence.

M. **Korylski**, informé qu'il a été déposé au secrétariat de l'Académie une lettre cachetée concernant les aérostats, écrit pour annoncer qu'il a imaginé un procédé pour les diriger, et qu'il se propose d'envoyer prochainement à l'Académie un dessin très détaillé du modèle de la machine qu'il compte employer à cet effet.

M. **Debidas** écrit qu'il aura l'honneur de soumettre, dans peu de temps, à l'examen de l'Académie un cours de nivellement et de levé des plans, d'après une méthode qui lui est propre. Il joint à sa lettre un croquis du relief qu'il fait servir à son enseignement.

(Renvoyé aux anciens Commissaires.)

M. **d'Orbigny** adresse une réclamation au sujet de la lettre de M. *Pentland*, lue à l'Académie le 18 février dernier, dans laquelle ce voyageur annonce avoir trouvé des coquilles fossiles sur la Cordillère orientale de Bolivia, et des ossements de *Mastodonte à dents étroites* sur l'île de Taquire, dans le lac de Titicaca, à la hauteur de 3950 mètres au-dessus de l'Océan. M. d'Orbigny réclame la priorité pour la découverte de ces deux faits; il renvoie sur ce point au rapport de M. Cordier, fait à l'Académie le 21 avril 1834. M. d'Orbigny ajoute qu'il a lieu de croire que les ossements appartiennent au *Mastodontes Andii*. Il présente à l'Académie un fragment d'une brèche osseuse qu'il a découverte au-dessus du lac de Titicaca.

M. Gosse de Billy annonce qu'il sera fait dans ses ateliers, le 26 février, une expérience ayant pour but de constater, au moyen du frein dynamométrique, qu'une machine à vapeur, de la force de 25 chevaux, établie par M. Powels ne consomme que 2$^{kil.}$ $\frac{1}{2}$ de charbon par heure, et par force de cheval. Il invite MM. les membres de l'Académie à y assister.

M. Warden prévient que la grande carte de la Virginie, destinée à l'Institut, se trouve depuis quelques mois à l'entrepôt du Hâvre.

M. Gaudin écrit contre la réclamation faite par M. Selligues relativement à la priorité d'un mode d'éclairage.

M. Lebouteiller appelle l'attention de l'Académie sur un journal industriel qu'il publie depuis peu de temps. Mais les règlements de l'Académie, relativement aux ouvrages imprimés, ne permettent pas d'en renvoyer l'examen à une Commission.

La séance est levée à 5 heures.

A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 7, in-4°.

Aperçu descriptif de l'organe auditif du Marsouin; par M. BRESCHET. (Extrait des *Annales des Sciences naturelles.*) In-4°.

Bulletin de la Société géologique de France; tome 10, feuilles 1—4, in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 3, nos 9 et 10, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; tome 16, 3e et 4e liv. in-8°.

Species général et Iconographie des Coquilles vivantes; par M. KIENER; 33e liv. in-4°.

Mémoire sur l'Éclairage par le gaz tiré du charbon de terre; par M. PELLETAN fils, Paris, 1817, in-8°.

Recueil de la Société Polytechnique; n° 12, décembre 1838, in-8°.

Revue critique des livres nouveaux; par M. JOEB CHERBULIEZ; 7e année, n° 2, in-8°.

L'Exposition, journal de l'Industrie et des Arts utiles; liv. 1—6, in-fol.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société géologique de Londres;* vol. 2, n° 56, in-8°.

The Zoology... *Zoologie du voyage du vaisseau de l'État* le Beagle, *capitaine Fitzroy, publiée sous la direction de* M. DARWIN, naturaliste de l'expédition. — *Oiseaux; par* M. J. GOULD; n° 2, part. 3, in-4°.

Observations.... *Observations sur les effets de la Gelée sur les plantes; par* M. le professeur LINDLEY. (Extrait des *Transactions de la Société d'Horticulture de Londres.*) Londres, 1839, in-4°.

An elementary.... *Traité élémentaire sur les Marées; par* M. LUBBOCK; Londres, 1839, in-8°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 372.

Bericht uber.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication;* 6—20, décembre 1838, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; 6e année, fév. 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 8, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; tome 12, nos 22—24, in-4°.

La France industrielle; n° 86.

Gazette des Médecins praticiens; n° 5, 1re année.

L'Expérience, journal de Médecine et de Chirurgie; n° 86, in-8°.

Chronique scientifique, Bulletin hebdomadaire; 1re année, n° 7, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 MARS 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Continuation des expériences sur la nature des radiations qui excitent la phosphorescence, et qui déterminent certaines actions chimiques ; par* M. **Biot**.

« Lorsqu'un nouveau champ d'expériences s'ouvre aux observateurs, il est très utile de rechercher si quelqu'un des faits qu'on y découvre a été remarqué antérieurement. Car, outre la justice qu'on doit rendre à ceux qui l'ont vu d'abord, il peut devenir un indice précieux de conséquences plus étendues, qui auraient échappé aux premiers inventeurs. Mais, si le fait indiqué a été seulement conclu, conclu d'effets complexes, par un aperçu inexact qui ne pouvait l'établir, ni même en légitimer l'induction, il ne serait pas juste d'en ôter le mérite aux nouveaux observateurs qui l'ont seuls isolé et démontré ; surtout s'ils l'ont recherché par une investigation spéciale, dont leurs prédécesseurs ne pouvaient pas même avoir l'idée. Ainsi, quand Homberg recommandait d'exposer la pierre de Bologne au grand jour, à ciel ouvert, et non pas dans les appartements, pour lui faire acquérir son plus vif éclat, il exprimait seulement un résultat vrai d'expérience ; et c'est ce que fit encore après lui Beccari,

en étendant cette recommandation à l'emploi de toutes les matières qui deviennent phosphorescentes, étant exposées à la radiation atmosphérique (1). Mais, quand ce dernier donne pour raison de ce précepte que la transmission à travers les vitres affaiblit trop la lumière venue du dehors, il lui assigne un principe très incomplet et très faux, dans la spécialité d'application à laquelle il le limite. Car le degré d'éclat que peuvent prendre ces substances, dépend à la fois, du temps pendant lequel on les expose à la radiation atmosphérique, de l'amplitude du champ apparent par lequel elles la reçoivent, et des obstacles qui peuvent la leur intercepter. Accordons, pour simplifier, que le temps soit indéfini dans les deux cas, ou du moins assez long pour que la substance atteigne le maximum d'éclat auquel son exposition, intérieure ou extérieure, peut l'amener. Il restera encore la différence d'étendue du champ, qui sera énorme. Car cette étendue sera totale à ciel découvert, tandis qu'elle sera bornée et rétrécie dans l'intérieur des appartements. Puis, pour ce dernier cas, si les fenêtres sont fermées, comme c'est l'ordinaire, il y aura la réflexion sur les vitres, lesquelles étant verticales, éteindront surtout les rayons venus des parties les plus élevées et les plus pures du ciel, à cause de leur plus grande obliquité d'incidence; et les rayons qui en seraient les moins affaiblis seront ceux qui viennent de l'horizon, lesquels seront généralement arrêtés par des obstacles terrestres. Il faudrait avoir évalué tous ces éléments de déperdition et de dissemblance, pour pouvoir légitimement conclure que l'absorption de la radiation dans le verre contribue aussi à l'inégalité des résultats; et l'effet propre de cette absorption est si excessivement faible, comparativement aux autres causes que je viens d'énumérer, qu'il n'entrerait jamais dans l'esprit d'un physicien exact d'apprécier cet effet, ou seulement de le prendre en considération quand

---

(1) Les expressions textuelles de Beccari sont : *Oportet autem liberum esse aerem et apertum;* et quand il rappelle la recommandation de Homberg, il dit : .... *ut minime mirandum sit de Hombergiano illo monito, ad eos qui experimenta de Bononiensi lapide capturi essent, ut ipsum in aperto aere collocarent.* Il emploie aussi le terme de *sub dio,* qui caractérise encore plus spécialement l'exposition à l'air libre et à ciel découvert. (*Voyez* Beccari, *de quam plurimis phosphoris nunc primum detectis commentarius,* page 35.) Mais je n'ai trouvé nulle part que Beccari ait fait aucune expérience ni apporté aucun motif propres à justifier l'explication hypothétique qu'il donne du précepte de Homberg; et je ne vois pas non plus qu'il ait établi aucune comparaison entre les observations faites avec les fenêtres *ouvertes* ou *fermées* d'un appartement.

elles sont présentes et non évaluées. A plus forte raison ne pouvait-on pas le faire quand on supposait, comme Beccari, la phosphorescence excitée par la radiation de la lumière, dont l'absorption propre est insensible dans des verres aussi diaphanes et aussi minces que le sont ceux des appartements.

» D'autres fois, il arrive qu'un fait capital s'est présenté à un expérimentateur; qu'il l'a vu, décrit, employé même, sans en sentir aucunement l'importance, ni les conséquences théoriques. Par exemple, dans les *Transactions philosophiques* de 1768, Canton décrit très exactement la manière de préparer les écailles d'huître en les calcinant avec du soufre, pour qu'elles deviennent phosphorescentes étant exposées à la lumière. Il remarque l'extrême sensibilité de cette préparation, et raconte plusieurs expériences curieuses sur les diverses circonstances qui lui font émettre de la lumière. Il en indique aussi, en passant, un usage qui semble puéril : c'est de fixer la poudre phosphorescente avec du blanc d'œuf, sur des planchettes de bois, découpées suivant la forme du croissant lunaire, ou de Saturne et de son anneau, pour imiter la lueur émise par ces objets célestes dans l'obscurité. Mais, afin de rendre ces images phosphorescentes, il dit qu'il n'y a qu'à les illuminer avec l'étincelle d'une bouteille de Leyde, tirée *près d'elles;* et qu'elles deviennent alors aussi brillantes que par la lumière du jour. Faut-il d'après cette indication, isolée de toute conséquence, faire honneur à Canton d'avoir reconnu l'influence de la radiation électrique, agissant soudainement à distance? ou doit-on en laisser le mérite à M. Becquerel qui a le premier retrouvé, par une recherche intentionnelle, le fait que Canton avait laissé passer inaperçu, qui l'a signalé aux physiciens comme un sujet d'études spéciales, et qui leur a donné ainsi l'occasion de s'en servir pour arriver à de nouvelles vérités? D'autres pourront discuter ses droits : moi, je me borne à lui témoigner ma reconnaissance.

» Ce même Recueil des *Transactions philosophiques*, année 1771, page 212, contient une courte lettre de Beccaria, où se trouvent annoncés des faits fort extraordinaires sur l'illumination du phosphore calcaire à travers des écrans de verres colorés. Étant ainsi exposé *au soleil*, ce phosphore reproduirait toujours exactement la couleur du verre qui le couvre. L'*Abrégé des Transactions* publié en français rend encore l'assertion plus merveilleuse, en disant que la lumière ainsi reproduite est parfaitement homogène. Mais, à la vérité, cette addition provient d'un contre-sens du traducteur. Comme j'ai voulu aussi étudier les effets des écrans colorés,

j'insère ici cette citation historique, pour rendre à chacun ce qui lui appartient. Par ce même sentiment d'équité, je dois dire que M. Dessaignes a répété avec soin l'expérience de Beccaria, et qu'il l'a trouvée fausse. Cela est consigné dans son Mémoire couronné par l'Académie (1). Au reste, depuis le Mémoire de 1768, où Canton a décrit son phosphore d'écailles, on a fait tant d'expériences de détail sur ses propriétés, qu'il serait difficile d'en trouver encore qui n'eussent pas été aperçues. Mais, quant à l'analyse physique de la radiation qui l'excite, à cette analyse opérée par l'interposition d'écrans de diverse nature, colorés ou diaphanes, tout était à faire; et l'on n'y pouvait songer avant les expériences de M. Melloni. C'est à cela que je me suis attaché.

» On sait que la teinte des verres colorés n'est que la résultante des sensations opérées dans l'œil par la somme des rayons lumineux simples qu'ils transmettent, laquelle dépend de leur épaisseur et des matières employées dans leur composition. Les éléments de cette somme peuvent se déterminer en analysant par le prisme la lumière totale transmise par chaque verre; et la teinte qui en résulte pour l'œil, peut se déduire de cette analyse au moyen d'une règle expérimentale que Newton a donnée. J'ai toujours fixé ainsi les caractères apparents des verres que j'employais. Or, dans ses belles recherches sur la chaleur rayonnante, M. Melloni a montré que la faculté de ces verres pour transmettre ou absorber certains rayons de la lumière, est distincte de leur faculté pour transmettre ou absorber les rayons calorifiques; que celle-ci n'a aucun rapport avec leur diaphanéité, ni avec l'apparence de leur coloration; et qu'elle est seulement déterminée par la nature des matières qui ont servi à les confectionner. De sorte que la qualité, ou la quantité, des radiations calorifiques transmises par chaque verre, ne peut jusqu'ici s'apprécier que par l'expérience, non par le degré moyen de réfrangibilité de la teinte qu'il transmet. J'ai dû naturellement me guider sur ces analogies pour choisir les verres colorés qui devaient être les plus propres à caractériser les portions de la radiation qui excitent la phosphorescence, ou impressionnent le papier sensible de M. Daguerre. Mais avant de les employer, j'ai fait diverses expériences qui préparaient cette analyse.

---

(1) Elle a été aussi réfutée fort en détail par B. Wilson, dans son ouvrage intitulé : *A series of experiments on the subject of Phosphori and their prismatic colours.* Londres, 1776; in-4°. Cette date est celle de la 2e édition que j'ai sous les yeux. Ce livre est fort rare à Paris; et je n'ai pu en avoir connaissance qu'après la lecture de mon Mémoire.

» J'ai prié M. Locatelli de me prêter une de ses lampes à deux becs, munie d'un réflecteur pyramidal. Dans cette ingénieuse invention, le courant d'air s'établit à travers la flamme nue, ce qui permet d'étudier les effets de sa radiation sans l'interposition d'une cheminée de verre. Je l'ai placée à un quart de mètre d'un papier sensible, préparé par la méthode de M. Daguerre. Ce papier était au fond d'une petite boîte de carton dont une moitié était nue, et l'autre couverte à distance par un écran de verre diaphane ayant trois millimètres d'épaisseur. La direction des rayons incidents était telle que ces deux moitiés étaient également illuminées; et un diaphragme de papier qui les séparait prévenait toute introduction oblique. L'expérience fut commencée à $8^h\ 41'$ du soir, dans une chambre où il n'y avait pas d'autre lumière. Comme, après une demi-heure, on n'apercevait pas d'impression marquée sur aucune des deux moitiés du papier, je laissai l'action continuer jusqu'à $3^h 15'$ du matin; de sorte qu'elle s'exerça ainsi constamment pendant $6^h 34'$. Alors il s'était produit un effet très sensible et inégal sous les deux moitiés du papier. Je l'enfermai avec sa petite boîte dans un carton fermé, à l'abri de toute autre radiation; et l'observant ensuite quand le jour parut, je constatai qu'il s'était produit un effet très notablement plus sensible sur la moitié nue, que sur la moitié abritée par l'écran de verre diaphane. Ainsi les flammes terrestres émettent quelques rayons qui sont aptes à agir sur le nitrate, comme ceux de la radiation atmosphérique; et ils sont de même absorbés partiellement par les écrans diaphanes. Le peu de sensibilité du papier pour ces radiations, m'a détourné d'essayer de les lui transmettre à travers des écrans de diverse nature. Il sera temps de faire ces épreuves sur la substance de M. Daguerre quand elle nous sera connue. Et elles y seront très faciles. Car, d'après des expériences comparatives qu'il a récemment faites, elle s'impressionne par la radiation atmosphérique 25 fois plus vite que le papier recouvert d'éther et de nitrate, pour produire une teinte de même intensité. J'ai encore essayé d'agir sur le papier, par la radiation d'un vase métallique rempli d'eau chaude, et par celle d'un fer échauffé mais non lumineux. La première n'a produit aucun effet appréciable, la seconde un effet très faible, résultat que M. Daguerre avait aussi observé. Il a bien voulu, à ma prière, soumettre sa substance à ce dernier genre de radiation, tant directe que transmise à travers des plaques de verre diaphane ou de cristal de roche limpide; mais en plaçant le fer chaud non lumineux à 33 centimètres de distance, il a trouvé son effet absolument nul.

» Les écailles calcinées ont offert d'autres phénomènes. Après avoir été

tenues long-temps dans l'obscurité, leur phosphorescence ne s'est pas rétablie par l'action à distance du vase rempli d'eau chaude, mais elle s'est excitée très faiblement et passagèrement par son contact. Le fer chaud l'a au contraire excitée vivement, tant par contact que par sa radiation à distance; et il l'a ranimée quand elle s'éteignait, après une exposition préalable à l'action de l'atmosphère.

» Dans une assez grande quantité d'écailles bien préparées, M. Becquerel fils avait remarqué et isolé quelques fragments particulièrement sensibles, dont les uns, après l'exposition à la radiation atmosphérique, émettaient une lueur d'un jaune verdâtre, et les autres une lueur d'un rouge jaunâtre sombre, analogue à la teinte des charbons embrasés dans un foyer ouvert. Ces deux classes de fragments ont été placées, au fond de capsules différentes, dans une chambre obscure où j'étais enfermé depuis plus d'une demi-heure; et après m'être assuré qu'ils n'émettaient pas de lumière qui me fût sensible, on les a illuminés par la flamme jaune de l'alcool salé, qui a été allumée et éteinte pendant que je tenais les yeux fermés et couverts d'un bandeau. L'opération a été réitérée quatre fois; et les fragments contenus dans les capsules sont devenus de plus en plus phosphorescents. Mais leur lueur a été la même dans toutes les capsules, quelle que fût leur différence de disposition pour une influence plus vive; c'était une blancheur pâle, peut-être un peu verdâtre, mais dans laquelle aucune distinction de nuance ne pouvait s'apprécier.

» On a alors choisi parmi ces fragments, ceux qui, sous l'influence de la radiation atmosphérique, paraissaient le plus distinctement d'une teinte jaune légèrement verdâtre, et on les a distribués dans deux capsules complétement recouvertes de boîtes de carton à fonds percés, auxquels on avait adapté et hermétiquement luté des écrans de verre colorés, choisis comme je vais le dire. Aucun rayon extérieur ne pouvait arriver aux fragments qu'à travers ces verres.

» L'un d'eux, que je nommerai R, était de cette espèce bien connue des physiciens, et qui transmet un rouge sensiblement simple, lequel doit surtout être tel avec la lumière qui provient de la radiation d'un ciel serein. La matière qui lui donne cette couleur est, je crois, le protoxide de cuivre.

» La composition du second verre ne m'est pas connue. Interposé dans la lumière d'une bougie dispersée par un prisme très réfringent, il donne une image rouge simple, bien définie, séparée par un grand intervalle de bleu et de violet très dilatés. A l'œil, ce verre paraissait d'un beau violet, mais fort sombre. Je le nommerai U.

» Les fragments placés sous ces deux verres ont été présentés pendant 20′ à la radiation atmosphérique d'un ciel presque serein; l'exposition était au nord et à l'ombre. Les capsules étant rentrées successivement dans l'obscurité, puis observées aussitôt après l'enlèvement des écrans, les fragments qui étaient placés sous le verre rouge R, n'ont pas paru sensiblement phosphorescents. Ceux que recouvrait le verre violet U, jetaient une faible lueur d'un blanc, peut-être un peu verdâtre, où l'on ne pouvait reconnaître aucune différence certaine avec celle que leur avait donnée la flamme jaune de l'alcool salé. Remis nus, sous l'influence directe de la radiation atmosphérique, ces fragments se sont montrés un peu lumineux, et peut-être un peu plus verdâtres. Après qu'ils ont paru éteints, on les a soumis de nouveau à cette radiation sous le verre rouge pur, pendant un temps beaucoup plus long; et, sous celui-là même, ils ont acquis une très faible lueur qui avait la même apparence.

» Ces résultats s'accordent avec ceux de M. Dessaignes. Ils s'accordent aussi avec ce qu'a observé M. Daguerre sur le sulfate de baryte phosphorique, recouvert d'un verre bleu. Car, à la vérité, ce sulfate après avoir été exposé à la radiation solaire, lui a paru plus brillant sous la portion en contact avec le verre que sous la portion découverte. Mais la teinte était la même dans ces deux cas. Je désire répéter ces épreuves sur des substances phosphoriques plus lumineuses que les écailles, et j'espère en avoir prochainement l'occasion. Car, bien que la radiation qui excite la phosphorescence se distingue physiquement de la radiation lumineuse par son mode propre de transmission à travers les écrans diaphanes, elle lui est congénère quand elle émane des corps lumineux; et, d'après les phénomènes observés, elle doit coïncider avec la lumière entre certaines limites de qualité ou de vitesse. De sorte qu'on pourrait concevoir qu'un corps devînt plus facilement et plus fortement lumineux, quand la portion de la radiation qu'on fait agir sur lui est précisément celle qui accompagne l'espèce de lumière qu'il est propre à émettre (1).

---

(1) Wilson avait aussi reconnu que la lueur émise par le phosphore d'écailles conserve la même teinte, quelle que soit l'espèce de lumière colorée par laquelle on l'illumine. Mais il y avait remarqué, sous la diverse influence de ces lumières, des différences d'intensité sensibles, qui me semblent confirmer le soupçon que je viens d'énoncer. Cela montre d'autant mieux l'utilité qu'il y aura d'étudier ces variations dans des phosphores plus lumineux, où les teintes propres, ainsi que les intensités des lumières émises, puissent être rendues plus manifestes.

» Une expérience pareille à celles que je viens tout-à-l'heure de décrire, avait été faite antérieurement avec les mêmes verres colorés, rouge et violet, pour apprécier les différences non de coloration, mais d'intensité, dans la lueur phosphorescente excitée. On leur avait associé, sur d'autres capsules, le verre bleu de M. Daguerre, un verre d'une très belle teinte verte très abondante qui est donnée, je crois, par le chrôme, et enfin un quatrième verre d'un vert bleuâtre ou bleu verdâtre, dont les singulières propriétés exigent quelque explication. Je nommerai celui-ci V.

» Il est analogue à ces verres verts que M. Melloni a trouvés si rebelles à la transmission des rayons calorifiques, surtout aux rayons émergents de l'alun. Or, en rapprochant les expériences de M. Melloni de celles que j'ai déjà présentées, il semble évident que les rayons transmis par l'alun sont très peu efficaces pour exciter les impressions calorifiques, et au contraire très efficaces pour déterminer les phénomènes chimiques. Il était donc probable que cette espèce de verre, quoique fort perméable à la portion de la radiation qui produit la sensation de la lumière sur notre rétine, serait particulièrement inefficace pour exciter la phosphorescence et pour impressionner le papier sensible, ou la substance plus sensible encore de M. Daguerre. Cela s'est complétement confirmé. Car d'abord la radiation qu'il transmet est tout-à-fait inapte à impressionner le papier sensible le mieux préparé. Même après une persistance d'action prolongée pendant plusieurs heures, par un beau ciel, je ne lui ai pas vu produire la moindre trace d'effet. M. Daguerre a trouvé pareillement son action insensible sur sa substance si excitable; mais je ne crois pas qu'il ait eu la patience de la lui laisser voir pendant tant de temps. Toutefois, son action sur les fragments d'écailles calcinées n'est pas aussi absolument nulle; elle est seulement extrêmement faible, même après une exposition de 20 minutes ou d'une heure entière. Mais elle est perceptible et certaine, ce qui décèle une différence de limites dans les qualités des radiations qui produisent ces deux ordres d'effets. Pourtant il s'en faut beaucoup que ce verre soit impropre à transmettre la radiation lumineuse. Car, pour l'œil, il diffère peu du beau verre bleu de M. Daguerre; et son analyse par le prisme y montre aussi la même distribution de lumière transmise, quoique avec des rapports d'intensité un peu différents. Cependant ce verre bleu agit aussi énergiquement sur la substance de M. Daguerre que le verre blanc même; et il agit encore d'une manière très marquée sur le papier sensible, quoique avec moins d'énergie que le verre blanc. Voilà donc de nouvelles limites bien tranchées, même entre

les portions de radiations qui déterminent des phénomènes pareillement chimiques.

» Après ce verre si remarquable vient le beau verre qui transmet une lumière verte et jaune très abondante, associée seulement à une petite quantité de rouge et de bleu qui lui sont contigus. Celui-ci a montré une action sensible sur les écailles et même sur le papier. Le verre rouge violacé, que j'ai appelé U, a été dans ces deux cas beaucoup plus actif que les précédents, tant sur le papier que sur les écailles. Enfin, le verre rouge pur a été absolument inactif sur le papier et sur la substance excitable de M. Daguerre. Il a seulement imprimé aux écailles une très faible lueur à peine perceptible. Toutefois, ce genre de verre n'est que peu inférieur au verre blanc pour la transmission des radiations purement calorifiques, comme on le voit par les expériences de M. Melloni. Ainsi, en rassemblant toutes ces indications, et distinguant leurs différences spécifiques, on est conduit, comme je l'ai annoncé, à considérer généralement les radiations émanées des corps comme composées d'une infinité de rayons, ayant des qualités et des vitesses diverses, susceptibles d'être émis, absorbés, réfléchis, réfractés; et qui, selon leurs qualités propres, parmi lesquelles il faut comprendre leur nature et leurs vitesses actuelles, peuvent produire la vision, la chaleur, déterminer certains phénomènes chimiques, et probablement exercer beaucoup d'autres actions encore inconnues, lorsqu'ils sont reçus par des corps ou par des organes sensibles à leurs impressions. Si je définis l'ensemble de ces actions par des caractères de matérialité, c'est que je ne puis trouver d'expressions plus commodes pour les énoncer; car je suis très loin de prétendre savoir si les radiations, tant visibles qu'invisibles, résultent réellement de corpuscules émis ou d'ondulations propagées.

» Je terminerai cette exposition de faits en rappelant et précisant une condition mathématique dont l'existence a déjà été signalée par M. Arago, et qui est nécessaire dans l'hypothèse où les radiations qui opèrent en nous la sensation de la lumière seraient réellement produites par émission.

» Dans ce système, si un corpuscule lumineux mû dans un milieu B avec la vitesse actuelle v, pénètre un second milieu A sous l'incidence perpendiculaire, ces milieux étant de constitution uniforme, comme je le supposerai toujours dans ce qui va suivre, lorsque le corpuscule est parvenu à une distance sensible de la surface commune, le carré de sa nouvelle vitesse est égal au carré de la précédente v^2, algébriquement accru d'une quantité $A^2 - B^2$, laquelle représente la différence des at-

tractions totales que les milieux A et B exercent sur lui : de sorte que la nouvelle vitesse dépend de cette différence, ajoutée au carré de la vitesse antérieure.

» Si le corpuscule avant de pénétrer dans B se mouvait dans un troisième milieu C, et que le passage de C en B ait eu lieu toujours sous l'incidence perpendiculaire, la vitesse dans B dépendra pareillement de la vitesse dans C, et de la différence $B^2 - C^2$ des deux attractions.

» En remontant ainsi de milieu en milieu jusqu'au premier, dans lequel le corpuscule a été émis, on voit que la vitesse finale de ce corpuscule dans le dernier milieu A, dépendra de la vitesse primitive constante qu'il aura prise dans le milieu X où l'émission a été opérée, après que toutes les phases de cet acte auront été accomplies. Et le carré de la vitesse finale sera égal au carré de cette vitesse primitive constante, accru de la différence $A^2 - X^2$, X^2 représentant l'attraction totale exercée sur le corpuscule par le milieu dans lequel il a été émis. Or, quelles que soient les sources terrestres ou célestes dont une même espèce de lumière est émanée, l'expérience prouve que la vitesse finale qui s'observe est toujours la même. Conséquemment la vitesse primitive, lorsqu'elle est devenue constante dans le milieu quelconque où s'est opérée l'émission, a dû s'y trouver la même qu'elle aurait été si le corpuscule fût parvenu dans ce même milieu, en sortant de tout autre où il aurait été émis, quelle que fût d'ailleurs la cause physique qui eût déterminé son émission.

» Cette identité absolue entre des résultats qui peuvent provenir de causes aussi diverses, devrait paraître peu vraisemblable. Mais il n'y a plus de difficulté, lorsqu'on a prouvé, par l'expérience, l'existence d'une radiation générale complexe, composée de parties distinctes, quoique congénères, mélangées en proportions variables dans les émanations des différents corps, lesquelles parties étant reçues séparément ou simultanément par toutes sortes de substances, diaphanes ou opaques, y produisent des élévations de températures, ou la phosphorescence, ou des phénomènes chimiques, selon leur qualité propre, et selon l'espèce d'excitabilité particulière à la substance qui les reçoit. Car alors n'est-il pas tout-à-fait conforme à l'analogie, que notre rétine reçoive aussi la sensation de la vision par l'impression spéciale de quelques-unes de ces parties appropriées à son excitabilité, et qui, pour la produire avec tel ou tel caractère de coloration, devraient avoir actuellement une certaine qualité ou une certaine vitesse ? En sorte que l'égalité de vitesse observée dans chaque espèce de lumière, de quelle source qu'elle nous arrive, résulterait de l'irritabilité

spéciale de notre organe pour cette vitesse-là, qui serait seule apte à y exciter la sensation habituelle de couleur qui s'y trouve attachée. Telle est aussi la conséquence que M. Arago a depuis long-temps déduite de la constance des réfractions qu'il avait observées dans les rayons lumineux venant de divers points de l'écliptique. Car il en avait conclu que, dans l'hypothèse de l'émission, la visibilité devait être produite par des portions de la radiation un peu différentes pour les différentes directions du rayon autour de la Terre en mouvement. De sorte que l'aberration des astres, résultant de leur mouvement, combiné avec celui de la Terre et de la lumière, se devrait toujours calculer comme on le fait, en concevant seulement que la direction apparente que l'on détermine, est celle de l'élément particulier dont la vitesse résultante relative se trouve avoir actuellement la valeur convenable pour exciter la vision dans notre œil. C'est ce que j'ai exposé, d'après lui, dans le tome III de la deuxième édition de mon *Astronomie*, pages 141 et 142, précisément dans les termes qui précèdent. Les expériences rapportées plus haut, ne font que confirmer l'application de cette idée à la vision, en l'étendant à l'excitation de la phosphorescence, et des effets chimiques éprouvés par diverses substances, sous l'influence des radiations invisibles et spéciales qui peuvent les affecter. »

M. Arago demande la permission de présenter quelques observations verbales à l'occasion de plusieurs des sujets que M. *Biot* vient de traiter.

En rappelant, sous le point de vue historique, les remarques de *Homberg*, de *Beccari*, de *Placidus Henrich*, touchant la propriété dont les écrans de verre jouissent d'ôter, en partie, à la lumière qui les traverse, la faculté de développer la phosphorescence, M. Arago n'avait point prétendu que le fait eût été établi d'une manière inattaquable. Ce qu'il entendait signaler, c'étaient les *premières traces* de la carrière dans laquelle MM. Biot et Becquerel marchaient à grands pas; ce retour vers les travaux de nos devanciers était un acte de justice sur le but duquel personne n'a pu se méprendre. Les citations de M. Arago nous auront valu, au surplus, et l'examen, par M. Becquerel, d'une expérience électrique du physicien allemand, dont il n'avait pas d'abord été question, et l'importante discussion à laquelle M. Biot s'est livré. M. Arago reste tellement convaincu de la nécessité, dans l'intérêt des sciences, de faire toujours une part équitable à nos prédécesseurs, qu'il se hasardera aujourd'hui même, à l'occasion des expériences dont M. Biot vient de rendre compte sur les effets des lampes *Locatelli*, à rappeler la remarque de *Beccari*, que les corps

phosphorescents brillent très peu quand ils n'ont été exposés qu'à nos flammes artificielles, quelque vives qu'elles soient. A l'occasion de cette remarque, ajoute M. *Arago*, je pourrais également montrer cette note manuscrite en marge de l'exemplaire de *Beccari*, que je tiens dans les mains : « M. *Beccari* se trompe probablement en faisant tout dépendre de l'*intensité* de la lumière éclairante. »

S'occupant ensuite des considérations qui terminent le Mémoire dont l'Académie vient d'entendre la lecture, M. *Arago* déclare n'avoir qu'à se féliciter en voyant M. *Biot* donner une seconde fois son assentiment aux suppositions à l'aide desquelles M. *Arago* était parvenu, il y a 25 ans, à concilier certaines mesures de la déviation prismatique de la lumière des étoiles, avec le système de l'émission. Dans ses expériences, M. Arago avait trouvé exactement la même déviation en observant, à travers un prisme, les étoiles vers lesquelles la terre marchait, et les étoiles situées à l'opposite, quoique d'après le calcul, la différence relative de la vitesse des rayons des deux étoiles étant de $\frac{1}{5000}$ (le double de la vitesse de la Terre) eût dû donner une différence de déviation de près de 60 secondes.

Cette même supposition que les corps lumineux émettent des rayons avec toutes les vitesses possibles, et que dans l'ensemble de ces vitesses une seule produit la sensation de lumière, rend compte aussi de l'égalité de vitesse apparente des rayons de toutes les étoiles. Une pareille égalité avait d'autant plus besoin d'être expliquée, qu'en supposant la lumière matérielle, les molécules, après s'être élancées, sont soumises à l'attraction du corps d'où elles émanent, et que sans donner à quelques étoiles des dimensions improbables, la vitesse de leurs rayons pourrait être non-seulement affaiblie d'une manière sensible, mais encore être réduite à zéro.

Dans un travail souvent cité, et sur lequel M. *Arago* annonce devoir revenir, il a prouvé qu'une portion très notable de la lumière qui émane des corps solides incandescents (d'une masse de platine rouge-blanc, par exemple), vient de l'intérieur du corps. Tout ce qu'il y aurait d'extraordinaire dans l'égalité de vitesse de deux rayons dont l'un est né au sein de la matière du platine et l'autre à sa surface, disparaît à l'aide de l'hypothèse en question. Alors, aussi, personne n'a plus le droit de s'étonner que les lumières terrestres, que celle d'un ver luisant, par exemple, se réfractent précisément comme la lumière solaire ou celle des étoiles.

M. Arago a rectifié en passant l'erreur que commettait M. Biot, sous

le point de vue historique, quand il disait que les observations, à travers un large prisme achromatique, d'étoiles situées dans la direction du mouvement de translation de la Terre et dans la direction opposée, avaient été faites à la suggestion de M. Laplace.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Note sur l'égalité des réfractions de deux rayons lumineux qui émanent de deux étoiles situées dans deux portions opposées de l'écliptique; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Il résulte d'expériences faites par M. Arago, que les rayons lumineux, émanant de deux étoiles situées dans l'écliptique, l'une en avant de l'observateur et vers laquelle la Terre marche, l'autre en arrière et dont la Terre s'éloigne, subissent dans un prisme de verre la même réfraction. M. Arago a observé que, pour expliquer ce résultat dans le système de l'émission, il suffisait de supposer la vision produite dans les deux cas par des portions differentes de la radiation, pour lesquelles la vitesse de propagation serait la même, et M. Biot a paru adopter cette idée dans l'intéressant Mémoire que renferme le dernier *Compte rendu*. En réfléchissant sur ce sujet, j'ai été amené à croire qu'on pouvait hasarder une autre explication du même fait, sur laquelle il me paraît utile d'appeler l'attention des physiciens.

» Par *vitesse* de la lumière, on peut entendre, dans le système des ondulations, ou la *vitesse absolue* avec laquelle une onde lumineuse se déplace dans l'espace, ou la *vitesse relative* avec laquelle cette onde change de position dans la masse de fluide éthéré qu'elle traverse. Or, la seconde de ces deux vitesses sera évidemment celle qui déterminera les réfractions d'un rayon passant de l'air dans le verre, si l'on admet, comme il est naturel de le supposer, que la Terre emporte avec elle dans l'espace, non-seulement son atmosphère aérienne, mais encore une masse considérable de fluide éthéré. Dans cette hypothèse, tous les phénomènes de réflexion et de réfraction observés à la surface de la Terre seront les mêmes que si la Terre perdait son mouvement de rotation diurne, et son mouvement annuel de translation autour du Soleil. Ces mouvements ne pourront faire varier que la direction des plans des ondes, par conséquent la direction du rayon lumineux, en produisant, comme l'on sait, le phénomène de l'aberration.

» Au reste l'atmosphère éthérée qui entourerait la Terre dans l'hypothèse proposée, et les atmosphères semblables qui entoureraient à une

grande distance le Soleil, la Lune et les autres astres, venant à se mouvoir avec ces astres mêmes, il pourrait se produire des phénomènes lumineux vers les limites de ces atmosphères, et à ces limites l'éther pourrait être mis en vibration par des mouvements semblables à ceux qu'on observe quand une trombe traverse l'air, ou quand un vaisseau vogue sur une mer tranquille. Peut-être ne serait-il pas déraisonnable d'attribuer à une semblable cause certains phénomènes lumineux, par exemple, la lumière zodiacale, les aurores boréales ou australes, la lumière des nébuleuses planétaires, ou même celle des comètes, en supposant que la lumière zodiacale dépend de la rotation du Soleil sur lui-même, et que le phénomène des aurores boréales se lie au mouvement diurne de la Terre. On concevrait alors pourquoi la lumière zodiacale paraît, à une grande distance du Soleil, s'étendre dans le plan de l'équateur solaire; et le fluide éthéré, suivant la remarque de M. Ampère, pouvant n'être autre chose que le double fluide électrique, on concevrait encore que le phénomène des aurores boréales fût intimement lié avec des phénomènes électriques et magnétiques. De plus, l'éclat des comètes devrait, conformément à l'observation, s'accroître dans le voisinage du Soleil, si le fluide éthéré devenait plus dense pres de cet astre, et si l'intensité des vibrations lumineuses augmentait avec le mouvement relatif de deux masses d'éther contiguës.

» Observons enfin que, si la densité de l'éther était plus considérable dans le voisinage des corps célestes, la vitesse de la lumière pourrait n'être pas la même à une grande distance de deux étoiles, et près de l'une d'entre elles.

» *Post-scriptum.* Une lettre adressée à M. Arago, et insérée dans les *Annales de Physique et de Chimie,* m'apprend que l'hypothèse ci-dessus proposée s'était présentée à l'esprit de Fresnel. De plus, après avoir entendu la lecture de la présente Note, M. Savary m'a dit avoir songé à déduire de la même hypothèse une grande partie des conséquences que j'ai indiquées. Mais les difficultes que l'on rencontre, quand on veut en tirer l'aberration par des calculs précis, avaient détourné l'un et l'autre de l'hypothèse dont il s'agit. Toutefois ces difficultés ne paraîtront peut-être pas suffisantes pour qu'on doive l'abandonner, surtout si l'on observe combien elle est conforme à toutes les analogies. En effet, nous voyons sans cesse les corps qui agissent les uns sur les autres, se mouvoir de concert. Notre Soleil, s'il se meut dans l'espace, entraîne avec lui tout le système planétaire. Les mouvements de translation et de rotation de la Terre sont partagés par les corps qu'elle porte, par la mer qui la recouvre, comme par la masse d'air

qui pèse sur elle ; et il serait singulier que le fluide éthéré, sur lequel les corps solides et fluides ont une action évidente, comme le prouvent les phénomènes de la réflexion et de la réfraction, fît seul exception à cet égard. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Note sur le tremblement de terre de la Martinique ; par* M. MOREAU DE JONNÈS.

« Le tremblement de terre, dont les effets ont été si funestes à la Martinique, diffère, non-seulement par son extrême violence, mais encore par quelques-unes de ses circonstances physiques, des phénomènes de même nature, qui ont lieu chaque année dans l'archipel des Antilles.

» On l'a éprouvé au mois de janvier, tandis que c'est presque toujours pendant l'hivernage, dans la saison des grandes perturbations atmosphériques, que surviennent ces effrayantes oscillations du sol.

» Lorsqu'on l'a ressenti, le 11 à 6 heures du matin, le vent venait du nord-ouest, et l'île entière était enveloppée de nuages et de vapeurs, qui, même à une courte distance, la dérobaient à la vue des navires, près d'attérir en ce moment. L'une et l'autre de ces circonstances sont extraordinaires ; car, à cette époque de l'année, le ciel est toujours pur et serein : et le vent de nord-ouest, qui est celui des ouragans, ne souffle jamais dans cette saison.

» Le tremblement de terre s'est formé de deux secousses d'une violence sans exemple, et qui ont duré, dit-on, 30 secondes, y compris leur court intervalle. Au rapport de plusieurs personnes, elles semblaient ondulatoires, et se diriger du sud au nord. Il y a peu de doutes sur la réalité de ces dernières circonstances, qui ont été observées nombre de fois. Il y a moins de certitude sur les bruits souterrains qu'on croit avoir entendus, et qui m'ont toujours échappé dans une quarantaine de tremblements de terre dont j'ai été témoin.

» On pourrait citer une particularité singulière à l'appui de l'opinion qui considère l'électricité atmosphérique comme n'étant pas étrangère à ce terrible phénomène. La grille en fer de l'hôpital, nouvellement posée, a été arrachée des pierres de taille où elle était scellée, et elle a été lancée à distance au lieu de choir sur la place ; mais il manque à ce fait d'avoir été observé scientifiquement. Je tâcherai de l'éclaircir.

» Pour expliquer la destruction d'une ville de fond en comble, subitement et en un instant, on a cherché la cause de cette grande catastrophe dans les anciens volcans de l'île, dont j'ai revélé l'existence par une exploration

qui a reçu, en 1815, l'approbation de l'Académie. On a même cru un moment que les montagnes où s'ouvraient leurs cratères, s'étaient couronnées de flammes. Mais ce bruit s'est trouvé sans fondement. Néanmoins, on s'est alarmé sur la situation de la ville du Fort-Royal, et il n'est pas inutile de montrer, par quelques détails, que cette situation est absolument semblable à celle d'une multitude de villes des deux hémisphères, et qu'elle n'a rien qui soit plus menaçant pour la sécurité de la population.

» Le Fort-Royal gît au nord d'une vaste baie dont le bassin est formé par les projections de quatre volcans éteints. Le sol de la ville est un attérissement de débris volcaniques, dont la section n'a pas une épaisseur de plus de 5 à 6 mètres, et sous lequel est une coulée de laves trachytiques, analogue à celles des mornes voisins. Les alluvions qui la recouvrent ont été charriées par deux torrents dont les eaux descendent des montagnes du Carbet.

» Le gisement de la ville sur un terrain volcanique, au pied de grands reliefs, qui ont la même origine, et dans l'aire d'action du plus puissant des six volcans éteints dont les hautes projections ont formé l'île de la Martinique, n'a rien de plus inquiétant pour la population que la situation des 300 autres villes de l'archipel des Antilles; car, de la Trinitad jusqu'à Cuba, toutes sont construites sur des terrains volcaniques et dans la sphère d'anciens foyers dont on peut encore tracer les limites. Lorsque le sol est calcaire, comme à la Barbade, à Marie-Galante et à la Pointe-à-Pître, il superpose seulement une base volcanique, dont il modèle les reliefs et suit les contours.

» Depuis 200 ans que la Martinique est habitée par des Français, les anciens volcans de cette île n'ont donné aucun signe d'activité. Les traditions des Caraïbes, qui remontent presque à un siècle et demi au-delà, n'en offrent aucun souvenir; et un passage curieux de Pierre Martyr d'Angleria, qui accompagnait Christophe Colomb, quand il découvrit la Martinique, en 1502, permet de croire que la race haïtienne, établie dans cette île, à une époque beaucoup plus reculée, n'avait point été troublée dans sa possession par les éruptions des volcans. Quand l'illustre navigateur còtoya la Martinique sous le vent, en vue des pitons du Carbet, dont le cratère s'ouvre dans la région des nuages, à 17 ou 1800 mètres au-dessus du niveau de l'Atlantique, les Haïtiens, qui étaient à bord de l'amiral, lui signalèrent ces montagnes comme étant le berceau de leur race, et ils lui dirent que pour conserver la mémoire de leur ancienne patrie, ils lui avaient emprunté le nom de *Cibao*, qui était celui de ces mon-

tagnes, et qu'ils l'avaient donné aux plus hauts sommets de celles d'Haïti.

» Ces particularités excluent l'idée que des lieux dont les anciens aborigènes conservaient un souvenir si cher, fussent encore, même à cette époque éloignée, le théâtre d'une conflagration volcanique.

» L'observation est d'accord avec ces témoignages négatifs. L'épaisseur des couches de terre végétale, dans les cratères des montagnes, l'altération des laves de leurs orles et les longues générations d'arbres, qui se sont succédé dans les forêts dont les anciens foyers sont environnés, tout concourt à prouver que l'extinction des volcans de l'île remonte à une très haute antiquité.

» On ne peut donc admettre l'opinion de ceux qui considèrent le tremblement de terre du 11 janvier dernier, comme un phénomène volcanique, résultant de l'activité des anciens foyers de la Martinique, et ayant pour centre d'action la montagne Pelée ou les pitons du Carbet.

» Tout porte à croire, au contraire, qu'il appartient à une cause beaucoup plus étendue et pour ainsi dire générale. En effet, on sait déjà que les oscillations du sol se sont fait sentir dans toute la chaîne des petites Antilles, dont les points extrêmes sont à une distance de plus de 200 lieues. Le choc, dont la violence a détruit la ville du Fort-Royal, ne s'est pas propagé uniquement dans ces îles; il s'est étendu à plus de 20 lieues, en dehors de leur chaîne, à travers les eaux de l'Océan, et un navire l'a éprouvé, au vent de la Martinique, plusieurs heures avant d'en découvrir les hautes montagnes, c'est-à-dire lorsqu'il naviguait dans une mer dont la profondeur est incommensurable. »

MÉMOIRES LUS.

ANATOMIE. — *Recherches sur le développement et la signification du système génital; par* M. Coste. (Troisième Mémoire.)

(Commission nommée pour les précédents Mémoires.)

Histoire des corps de Wolf.

« Dans ce nouveau Mémoire qui fait suite à d'autres communications déjà faites par l'auteur, M. Coste commence par exposer le résultat des recherches de ses prédécesseurs, sur la nature et la détermination des corps de Wolf, dans le but de faire ressortir la divergence des opinions émises et la nécessité d'avoir recours à de nouvelles expériences, pour compléter les connaissances que l'on a sur une question encore si obscure

de l'histoire du développement. Après avoir donc rappelé les observations de Wolf, qui a découvert les corps singuliers dont il s'agit, mais qui s'est borné à en signaler l'existence; celles d'Oken, qui les a étudiés chez les mammifères, mais dont les travaux ont plutôt amené à des présomptions qu'à des résultats définitifs; l'hypothèse de Meckel, sur le développement des parties génitales, hypothèse toute gratuite puisqu'elle repose exclusivement sur les recherches incomplètes de Wolf et d'Oken; M. Coste passe aux travaux importants de Rathké, Baer et Muller. Il montre, par des passages empruntés aux ouvrages de ces anatomistes, que Rathké, par exemple, après avoir admis que les corps de Wolf s'effaçaient chez la femelle seulement et persistaient chez les mâles pour se convertir en épididyme, renonça plus tard à cette opinion pour reconnaître qu'ils disparaissent complétement dans l'un et l'autre sexe; que Baer au lieu d'admettre comme Rathké, que les corps de Wolf sont *originellement* de nature glandulaire, croit avoir démontré, au contraire, qu'ils proviennent d'un vaisseau sanguin; et enfin que Muller, après avoir suivi avec succès la voie déjà tracée par Rathké et découvert des faits très intéressants, finit par conclure que les conduits excréteurs des corps de Wolf ne sont indépendants de ceux des parties génitales que chez les femelles, car chez les mâles, d'après cet observateur, ce seraient (dans les ovipares) les canaux excréteurs de la génération, c'est-à-dire les conduits déférents qui formeraient les canaux excréteurs des corps de Wolf. Cette dernière opinion, si elle est l'expression exacte des faits, paraît à M. Coste, exiger, pour être admise, une confirmation sérieuse; car elle semble impliquer contradiction en plaçant la femelle sous une loi si différente, en apparence du moins, de celle qui préside au développement du mâle.

» Après une analyse détaillée des travaux publiés sur le sujet dont il s'occupe, M. Coste expose le résultat de ses recherches particulières. Il commence par l'étude des mammifères pour descendre ensuite dans les autres classes de vertébrés, et parmi les mammifères il choisit de préférence la brebis pour point de départ; d'abord parce qu'en s'occupant du développement de l'appareil génital interne, c'est elle qu'il a prise pour type; mais aussi parce que la brebis présente, dans l'âge adulte, sur les côtés du vagin et en communication avec ce dernier, des conduits particuliers connus sous le nom de conduits de Garthner, et qui lui paraissent des vestiges mal effacés des canaux excréteurs des corps de Wolf.

» Voici les principaux résultats des recherches de M. Coste.

» 1°. Il croit s'être assuré, par l'observation directe, que les corps de

Wolf ne proviennent point d'un vaisseau sanguin, comme un anatomiste très habile l'a supposé par suite d'une illusion résultant, d'après M. Coste, de la richesse du système vasculaire qui les arrose dans les premiers temps de leur apparition; système vasculaire qui, au lieu de constituer le corps de Wolf lui-même, se trouve placé entre les nombreux cœcums qui en forment la masse.

» 2°. Que les corps de Wolf disparaissent complétement plus ou moins long-temps avant l'époque de la parturition chez tous les mammifères, et que cela a lieu tout aussi bien pour le mâle que pour la femelle. D'où il suit que l'épididyme, chez le mâle, n'est point le résultat d'une transformation de ces corps, comme on a pu le penser; car, dit M. Coste, c'est là une illusion produite évidemment par la coïncidence qu'il y a entre la disparition des corps de Wolf et la formation de l'épididyme dans le lieu même où les derniers vestiges des corps de Wolf qui s'effacent, cédant la place à l'épididyme qui apparaît sous un aspect assez analogue à celui que présentait le corps de Wolf lui-même, pour que si l'on ne prêtait, à l'observation de ce double phénomène, qu'une attention peu soutenue, l'on pût être entraîné à penser qu'en réalité l'épididyme n'est qu'une modification du corps de Wolf; mais cette illusion, poursuit M. Coste, une observation continue la corrige facilement et la plupart des physiologistes récents l'ont évitée.

» 3°. Que les corps de Wolf sont tout-à-fait indépendants de l'appareil génito-urinaire dans le mâle comme dans la femelle, et qu'en définitive leur structure est telle qu'ils sont constitués par un canal excréteur qui s'ouvre dans le cloaque transitoire, canal d'où émane une série linéaire de cœcums creux, prolongement du canal commun qui leur donne naissance, et qui d'abord très courts, s'allongent peu à peu d'une manière en quelque sorte démesurée; ce qui leur donne une ressemblance manifeste avec les appareils glandulaires qui sont, comme on sait, formés par un canal excréteur dans lequel des cœcums plus ou moins nombreux versent le liquide qu'ils sécrètent. D'où il résulte que les corps de Wolf doivent être considérés comme des appareils glandulaires ou comme des organes sécréteurs transitoires qui, à la faveur d'un canal excréteur indépendant, versent le produit de leur sécrétion dans le cloaque transitoire, et de ce dernier dans l'allantoïde; car chez les mammifères la cavité de l'allantoïde se trouve passagèrement en communication avec un cloaque qui est la représentation transitoire de ce qui a lieu d'une manière permanente chez les vertébrés ovipares.

» 4°. M. Muller avait vu, et M. Coste a eu l'occasion de vérifier, que les cœcums qui forment la masse des corps de Wolf renferment une matière coagulable et que par la pression on peut faire passer de leur cavité dans celle de leur canal excréteur, liquide qui devient un moyen direct de démontrer qu'ils sont bien en réalité, comme il a été dit plus haut, des organes sécréteurs ; ce qui légitime jusqu'à un certain point, dit M. Coste, la dénomination de *faux reins* que les premiers observateurs lui avaient assignée : car en les désignant ainsi l'on avait évidemment la pensée de les envisager comme des organes transitoires de dépuration, c'est-à-dire comme des organes de sécrétion.

» 5°. Enfin, M. Coste pense que les conduits excréteurs des corps de Wolf, qui, en général, de même que le reste de l'appareil transitoire dont ils font partie, s'effacent complétement, conservent cependant, par une exception particulière, dans la brebis adulte, quelques traces de leur existence passée, sous la forme de ce qu'on connaît sous le nom de *conduits de Garthner*. Pour preuve de ce qu'il avance, il ajoute que les canaux excréteurs des corps de Wolf occupent, par rapport à ceux des parties génitales, une position tout-à-fait analogue à celle des conduits de Garthner; car, poursuit-il, le point du cloaque transitoire dans lequel les canaux excréteurs des corps de Wolf s'abouchent, deviendra, dans l'âge adulte, la portion du vagin où s'ouvriront les conduits de Garthner, comme au reste M. Coste se réserve de le démontrer, lorsqu'il s'occupera du développement de la matrice.

» Tels sont les principaux faits consignés dans le Mémoire de M. Coste, Mémoire qui est accompagné de six planches in-folio. M. Coste termine en annonçant que dans un autre Mémoire il complétera son travail en donnant l'histoire des corps de Wolf chez les vertébrés ovipares. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Recherches sur le rayonnement calorifique de l'étincelle électrique ; par* M. EDMOND BECQUEREL.

(Commissaires, MM. Arago, Savart, Pouillet.)

« J'ai entrepris quelques expériences dans le but de savoir si la radiation émanée de l'étincelle électrique, en se transmettant à distance, peut développer de la chaleur dans les corps auxquels elle parvient. Je me suis

servi pour ces expériences, de l'instrument qui, jusqu'à ce jour, est considéré comme le plus impressionnable aux émanations calorifiques, c'est-à-dire de la pile thermo-électrique de M. Melloni.

» Je vais avoir l'honneur d'exposer à l'Académie le résultat de ces recherches.

» Cette pile fut placée dans une chambre où se trouvait une machine électrique servant à exciter les étincelles et les décharges sur lesquelles on voulait expérimenter. Le galvanomètre correspondant fut mis dans une autre chambre, et les fils servant de communication entre les deux instruments, s'éloignaient de la pile dans une direction parallèle à son axe. L'autre extrémité de cette pile était munie d'un réflecteur conique, en face duquel partaient des étincelles s'élançant entre les deux boules d'un excitateur universel.

» Toutes ces dispositions n'avaient pour but que d'éviter, dans les fils métalliques, le développement des courants par induction. J'y suis parvenu en plaçant les tiges de l'excitateur universel à angle aigu, et en dirigeant l'ouverture de cet angle à l'opposé du réflecteur.

» M'étant assuré que la décharge d'une batterie de 18 bocaux entre les boules de l'excitateur, ne produisait pas d'action sur l'aiguille aimantée, quand on interposait un écran opaque entre les boules et la pile, l'écran fut enlevé, et l'on fit passer de nouveau la décharge entre ces boules placées à 4 centimètres du réflecteur. L'aiguille du galvanomètre ne dévia pas d'une manière appréciable, tandis que la main posée pendant quelques secondes à la même place que les boules, produisait dans le galvanomètre une déviation de 25 degrés.

» Ayant varié les distances entre les boules et les bords du réflecteur, on a fait passer des décharges dans l'excitateur, et jamais l'aiguille aimantée n'a été déviée.

» Désirant faire agir l'étincelle plus près de la pile, le réflecteur a été enlevé, puis les deux boules de l'excitateur ont été rapprochées jusqu'à deux centimètres d'une des faces enfumées de la pile, et dans cette circonstance la décharge de la batterie n'a produit aucun rayonnement calorifique. En rapprochant davantage les boules, on a eu des courants par induction. Dans ces expériences, la longueur de l'étincelle était de 1 à 2 centimètres.

» Le réflecteur ayant été remis en place, on a interposé entre l'excitateur et le réflecteur, à 3 centimètres de distance, un petit disque en carton enfumé sur ses deux faces. En faisant passer la décharge de la batterie

dans l'excitateur, l'aiguille du galvanomètre est restée immobile. Je supposais que si l'étincelle avait duré assez long-temps et qu'elle eût rayonné de la chaleur, celle-ci aurait été absorbée en partie par le disque qui, rayonnant à son tour vers la pile, aurait dévié l'aiguille du galvanomètre.

» Cette expérience a été modifiée de la manière suivante. Au lieu d'une seule étincelle provenant de la décharge de la batterie, on s'est servi d'une série d'étincelles produites par la machine électrique. Dans le but d'obtenir une action prolongée, l'opération a été continuée pendant deux minutes à raison de trois ou quatre étincelles par seconde. Dans cette expérience, comme dans d'autres du même genre, que je ne rapporte pas ici l'action de la chaleur rayonnante des étincelles a encore été nulle. J'ai même enlevé le réflecteur et excité une série d'étincelles à deux centimètres d'une face enfumée de la pile, sans avoir pu constater l'existence d'aucun courant thermo-électrique.

» Dans le but d'obtenir un rayonnement calorifique sensible, on a mis dans le trajet de la décharge certains corps capables de s'échauffer et même de se volatiliser. Voici ce qu'il en est résulté. Les boules de l'excitateur ayant été placées à trois centimètres des bords du réflecteur, un fil de platine d'un dixième de millimètre de diamètre à peu près, et de 5 centimètres de longueur, fut placé entre elles. Ce fil fut volatilisé par la décharge électrique, et l'aiguille du galvanomètre se dévia de 2 degrés, ce qui indique une élévation de température sur la face de la pile tournée vers le fil.

» On interposa dans le trajet de la décharge un second fil de platine de même diamètre que le précédent, mais d'un décimètre de longueur et dont le milieu était roulé en hélice. Ce fil fut fondu et volatilisé, et l'aiguille se dévia de 3 degrés dans le même sens que précédemment.

» J'ai placé dans le trajet de l'étincelle une spirale en platine, soutenue par une tige isolante, de manière que la spirale ne touchât pas l'excitateur. Elle fut portée au rouge par la décharge, et il y eut dans le galvanomètre une très petite déviation qui indiqua un faible rayonnement calorifique.

» En interposant entre les boules de l'excitateur un petit cylindre en bois supporté par un pied isolant, puis en excitant une série d'étincelles entre les boules (lesquelles passaient sur la surface du cylindre en offrant une couleur rouge), je ne remarquai aucun rayonnement calorifique à la distance de 4 centimètres des bords du réflecteur.

» Afin de montrer l'influence de la durée de l'action de la chaleur sur la production du rayonnement calorifique, un morceau de fer porté au

rouge a été passé très rapidement à quelques centimètres des bords du réflecteur; aussitôt l'aiguille fut déviée de 3 degrés, tandis que si le morceau de fer eût été maintenu devant le réflecteur pendant plusieurs secondes, la déviation eût été considérable. La main passée très rapidement à 4 centimètres, ne produisait pas de rayonnement appréciable.

» Voulant m'assurer si la radiation de l'étincelle ne déterminait pas une élévation de température dans les corps qu'elle rendait phosphorescents, j'ai dirigé le réflecteur de la pile sur des coquilles d'huître calcinées, contenues dans une capsule en porcelaine; j'ai fait passer au-dessus d'elles la décharge de la batterie, et aussitôt les coquilles furent illuminées; mais il n'y eut dans la pile aucun rayonnement calorifique sensible.

» On voit donc, d'après ces expériences, que dans la radiation électrique provenant, soit de la décharge de la batterie, soit de la simple étincelle, il n'y a pas eu élévation de température, à quelque distance que ce soit (jusqu'à un centimètre), à moins qu'on n'ait mis dans le trajet de la décharge des corps capables de s'échauffer individuellement et de rayonner de la chaleur. Cet effet peut provenir, ou de ce que l'étincelle électrique n'émettrait pas de radiations calorifiques, ou de ce que, quoiqu'elle en émette, la durée de cette émission ne serait pas suffisante pour développer les signes apparents d'une élévation de température dans un appareil aussi sensible que la pile thermo-électrique, à la distance de quelques centimètres. Dans tous les cas, puisque cette même étincelle, agissant à distance, excite ou ranime la phosphorescence dans les corps qui en sont doués, on est porté à conclure qu'elle le fait en vertu d'une radiation d'une nature particulière, différente de celle qui produit la sensation de chaleur, comme l'interposition des écrans de diverse nature semblait aussi l'indiquer. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Remarques sur le nerf facial et ses rapports; par* **M. A. Bazin.**

(Commissaires, MM. de Blainville, Serres, Breschet.)

« 1°. *Dans l'homme,* la septième paire reçoit plusieurs filets de la portion du nerf auditif qui se rend au limaçon et au vestibule, et un autre filet de la portion du même nerf qui se rend aux canaux semi-circulaires. Les nerfs pétreux superficiels s'anastomosent avec le facial et forment un renflement gangliforme au point de leur réunion. Le muscle de l'étrier reçoit un ou deux filets des nerfs pétreux superficiels. La corde du tympan naît

du facial, fournit deux filets au muscle tenseur du tympan, envoie quelques filets anastomotiques à un plexus ganglionnaire que présente la face interne de la troisième branche de la cinquième paire, s'accole au nerf lingual, forme avec ce nerf un plexus qui, inférieurement, donne naissance à un ganglion qui envoie des filets aux glandes sous-linguales, puis pénètre dans la langue.

» 2°. *Dans les oiseaux*, le nerf facial se sépare des racines antérieures du nerf auditif, entre dans l'aqueduc de Fallope, reçoit un filet du nerf du limaçon, en donne un autre qui se porte inférieurement d'arrière en avant, sur la paroi interne de la caisse du tympan, parvient sur la carotide interne où il s'anastomose avec un filet nerveux provenant du glosso-pharyngien et du ganglion cervical supérieur. Après cela, le facial contourne la paroi antérieure du limaçon, se porte obliquement de dedans en dehors et d'avant en arrière, reçoit un filet du trifacial, passe sur la carotide externe, où il est recouvert par le sinus de la veine jugulaire et par plusieurs filets qui font communiquer la cinquième paire avec le glosso-pharyngien et le sympathique, donne la corde du tympan, passe sur le tendon du muscle tenseur du tympan et se distribue au muscle digastrique, stylo-pharyngien, stylo-hyoïdien et stylo-glosse.

» 3°. *Dans les reptiles*. Le nerf facial étudié dans le *Crocodilus lucius*, le *Testudo lutea* et *T. radiata* a présenté, à très peu de différence pres, les mêmes rapports que dans les oiseaux. »

SYSTÈME DU MONDE. — *Mémoire sur les causes de la gravitation; par* M. DARLU.

(Commissaires, MM. Poisson, Savary, Coriolis.)

CHARPENTE. — *Mémoire sur la construction des charpentes en fer laminé; par* M. SCHWICKARDI.

(Commissaires, MM. Poncelet, Gambey, Séguier.)

CORRESPONDANCE.

Note sur l'origine de nos chiffres. — Lettre de M. VINCENT à M. Libri.

« Monsieur,

» C'est avec une bien grande raison que vous recommandez l'étude des sciences occultes : quant à moi, la conviction où j'étais depuis long-temps que les pythagoriciens de l'époque de Boèce n'étaient autres que les cab-

balistes, s'est trouvée justifiée par un singulier résultat, comme vous allez en juger.

» Les principes de la philosophie pythagoricienne, que les cabbalistes avaient en partie adoptés en les modifiant, partageaient, comme on le sait, les nombres en mâles et femelles. Partant de cette donnée, et aidé du *Denarius pythagoricus* de *Meursius*, voici comment j'interprète les noms des *cinq chiffres* ou *apices* non expliqués par *Huet;* j'y joins, pour terme de comparaison, ceux qu'il a traduits en les faisant dériver de l'hébreu.

(1) IGIN, η γυνη, la femme.

(2) ANDRAS, ανηρ-δρος, l'homme.

(3) ORMIS, ορμη, impulsion.

(4) ARBAS, ארבע, quatre.

(5) QUIMAS, חמש, cinq.

(6) CHALCUS, χαλκους, once.

(7) ZÉVIS (au lieu de *Zénis*), שבע, sept.

(8) TÉMÉNIAS, תמניא, huit.

(9) CELENTIS, αθηλυντος, viril (*ineffæminatus*).

» Le mot ορμη était appliqué par l'ancienne école, au nombre 2 comme étant la première évolution de la semence numérique, σπερμα; et par ce dernier mot l'école entendait l'*unité,* qui pour elle n'était pas un nombre. La nouvelle secte, en transportant le mot ορμη au *trois,* lui donnait alors pour signification l'*action du principe mâle sur le principe femelle.*

» Au mot *caltis* donné par le manuscrit de Chartres que M. Chasles nous a fait connaître (*Aperçu historique sur les méthodes en Géométrie*, p. 467), j'ai substitué le mot *Chalcus* que j'ai trouvé dans un manuscrit du

British Museum portant le nom d'*Arondel*, et qui signifie *once*. Or d'après *Cassiodore* (*Var.*, lib., I. ép. X), le mot *uncia*, exprimant le premier degré du poids, est le symbole de la perfection du *six* (égal à la somme de ses diviseurs 1, 2, 3); et d'après *Pollux* (Lib. 9, chap. 6), *uncia* ou ουγγια se traduit en grec par χαλκους. L'emploi du mot *Chalcus* me paraît ainsi complétement expliqué.

» Maintenant, ayant observé que l'apice *Chalcus* paraissait représenter ces séries de poids emboîtés les uns dans les autres dont les anciens se servaient avant nous, j'ai eu l'idée d'examiner si les trois premiers ne seraient pas aussi des emblêmes : le 3 est en effet la réunion du 1 et du 2; pour ceux-ci, Monsieur, voyez et jugez.

» Quant à *Celentis*, je le traduirais par θηλυντος, *beauté femelle*, si ce mot était dans *Meursius;* faute de celui-là, je suis forcé de prendre son opposé αθηλυντος que *Meursius* traduit par *ineffœminatus*. Veuillez, Monsieur, donner un nouveau coup d'œil.

» Reste le *zéro*, dont l'emploi semble effectivement plus moderne : son nom *sipos* me paraît venir de σιφνος, *vide* (comme le mot *siphon*).

» *Conséquence*. La nomenclature de Boèce se compose de mots hébreux exprimant *littéralement* les nombres 4, 5, 7, 8, et de mots grecs corrompus et défigurés représentant *symboliquement* les nombres 1, 2, 3, 6, 9; donc, premièrement, les auteurs de la nomenclature sont hébreux, et, secondement, ils professaient une doctrine occulte; donc *la notation numérique de Boèce, dont la nôtre paraît dériver, a pris naissance dans la cabbale juive*.

» La conclusion se trouve d'ailleurs confirmée par cette circonstance, que le manuscrit d'Arondel remplace le mot chaldéen תמניא, *Théméniéh, huit*, par le mot *Zémentas*, de שמנת, qui est le véritable hébreu. L'emploi de deux dialectes différents me paraît prêter ici une grande force à mon système, ou si on le veut, à mon hypothèse.

» Je compte, Monsieur, adresser sur ce sujet un Mémoire assez détaillé à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, les développements que comporte la question me paraissant être plutôt du ressort de cette Académie que de celui de l'Académie des Sciences. Mais si vous jugez que l'exposé succinct que contient cette lettre puisse présenter assez d'intérêt pour devenir l'objet d'une communication verbale de votre part, recevez-en mes remercîments avec l'assurance de la haute considération avec laquelle

» J'ai l'honneur d'être, etc. »

M. Biot communique l'extrait suivant d'une lettre que M. *Talbot* vient de lui adresser.

« Londres, le 1er mars 1839.

» Monsieur,

» Dans ma dernière lettre j'eus l'honneur de vous communiquer deux méthodes de mon invention pour conserver les dessins photogéniques. Maintenant, pour compléter autant que possible ce renseignement, je vais indiquer une troisième et quatrième méthode, dont la découverte est due à mon ami sir John Herschel qui m'a écrit qu'il permet volontiers leur publication.

» La troisième méthode pour *fixer* un dessin photogénique, consiste à le laver avec le ferro-cyanate de potasse.

» Toutefois, ce procédé exige des précautions, et sans cela on ne peut pas compter sur les résultats.

» La quatrième méthode, et qui vaut à elle seule toutes les autres ensemble, c'est de laver le dessin avec l'hyposulfite de soude. Ce procédé a dû se présenter tout naturellement à l'esprit de M. Herschel, puisqu'il a lui-même découvert l'acide hyposulfureux, et en a constaté les principales propriétés, entre lesquelles il a cité comme étant très digne de remarque, que l'hyposulfite de soude dissout facilement le chlorure d'argent (substance ordinairement si peu soluble). Cette propriété était restée sans usage jusqu'ici, mais elle sera désormais très utile. Voici une indication des endroits où M. Herschel a décrit les propriétés de l'acide hyposulfureux :

» Brewster's *Edimburg philosophical Journal*, vol. 1, page 8; vol. 1, page 396; vol. 2, page 154. (Années 1819, 1820.)

» Cette méthode de conserver les dessins diffère essentiellement des trois autres, en ce que le sel d'argent n'est pas *fixé* ou *rendu insensible* dans les parties blanches du dessin, mais il est tout-à-fait *enlevé*.

» Je terminerai cette lettre en disant un mot sur le papier que j'ai appelé *photogénique ordinaire*. Il peut être rendu plus sensible en le mouillant, avant de s'en servir, avec une solution d'iodure de potasse. Il faut pour cela que cette solution soit très faible; car, pour peu qu'elle serait forte, tout le contraire aurait lieu, et le papier deviendrait tout-à-fait insensible.

» Recevez, etc.

» H.-F. Talbot. »

Avant de lire le post-scriptum suivant, M. Biot ajoute : « J'avais prié M. Talbot de vouloir bien me dire s'il s'était occupé d'analyser la portion de la radiation atmosphérique qui agit sur le papier sensible, en la transmettant à travers des écrans de diverse nature. Dans un post-scriptum relatif à cette question, il énonce un fait curieux qu'il a remarqué, et qui me semble confirmer très évidemment la spécialité de la nature que j'ai reconnue à cette radiation, et qui la distingue de la radiation lumineuse. »

« *P. S.* Je n'ai jamais fait des expériences exactes sur la radiation atmosphérique ; mais j'ai remarqué qu'en faisant des vues avec la *camera obscura*, un ciel sans nuages produit beaucoup plus d'effet qu'il ne le devrait, eu égard seulement à son éclat lumineux. »

ZOOLOGIE. — *Sur un ver trouvé à Alger sur un Macroscélide, par* M. GUYON, chirurgien en chef de l'armée d'Afrique.

« Le 4 décembre dernier, faisant l'anatomie d'un Macroscélide (*Macroscelides typus*) mort subitement, son état général n'annonçant aucune souffrance, je trouvai, dans le péritoine et les deux plèvres, au nombre de plusieurs centaines, un ver d'un blanc mat, très déprimé, et long de 5 à 6 millimètres dans son mouvement d'élongation : de ses deux extrémités, la postérieure se terminait sous forme demi circulaire, l'antérieure par un col très distinct, surmonté d'un renflement. Ce ver rampait, avec beaucoup d'agilité, sur les viscères de l'abdomen comme sur ceux de la poitrine, à la manière des sangsues, sa petite extrémité en avant. Mis dans l'eau froide, à sa sortie de l'animal, vers les quatre heures de l'après-midi, il y paraissait mort à six heures, mais un peu d'eau chaude, alors jeté dans l'eau froide, lui rendit tous ses mouvements, qui ne s'éteignirent complétement que plus de deux heures après. Ce parasite, malgré son nombre, n'avait altéré en rien les organes avec lesquels il était en rapport, et dont la séreuse conservait sa lucidité entière. J'en joins quelques individus à ma communication, ainsi qu'un dessin, assez grossier, que j'en ai fait faire. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Halo lunaire.*

» Le 26 février dernier, la lune était entourée d'un halo, à *Paris*, à *Chartres* et à *Marmande*. Ainsi, les circonstances atmosphériques particulières que la production de ce phénomène exige, existaient dans une grande étendue de pays.

A *Chartres*, le halo parut à M. *Chasles* notablement elliptique; mais aucune mesure ne vint prouver que cette ellipticité existait réellement, qu'elle n'était pas le simple résultat d'une illusion.

A *Marmande*, la lune *paraissait* aussi occuper, sur le diamètre vertical du halo, un point situé plus haut que le milieu de ce diamètre; et, cependant, à l'aide d'un théodolite, M. *Baumgarten*, ingénieur des ponts et chaussées, trouva :

Pour la distance du centre de la lune à la limite rouge du cercle intérieur du halo, située dans la verticale de l'astre et au-dessus :

21° 35′, 21° 20′;

et pour la distance du même centre, à l'extrémité inférieure rouge du même diamètre vertical :

21° 39′, 21° 30′, 21° 35′.

L'ellipticité n'était donc qu'apparente.

Le halo, à *Marmande*, n'avait pas dans sa limite extérieure violette assez de netteté pour qu'on pût mesurer sa largeur totale avec une grande précision. Dans les observations de M. *Baumgarten*, les valeurs angulaires de la distance du rouge au violet, ont été toutes comprises entre 2° 10′ et 3° 7′.

Le thermomètre de M. *Baumgarten* marquait + 8° centigrades. Il était 8h du soir quand ce jeune ingénieur mesura le phénomène.

PHYSIOLOGIE. — *Apparences extraordinaires à la surface d'un caillot de sang.* — Extrait d'une lettre de M. **Robison**, secrétaire de la Société royale d'Édimbourg, à M. *Arago*.

« Un jeune médecin m'a montré, il y a quelques jours, un phénomène qui semble curieux, mais difficile à expliquer. Il avait recueilli dans une soucoupe de porcelaine le sang tiré du bras d'un malade. Lorsque ce sang se fut coagulé, il renversa le gros caillot, sens dessus dessous, dans une assiette blanche commune, et mit un moment la soucoupe de côté sans me laisser voir son intérieur. La masse du caillot avait la couleur obscure habituelle; mais au milieu de sa surface, j'aperçus, avec étonnement, le dessin, en vermillon, des feuilles d'une plante. Quand j'examinai le fond de la soucoupe où le sang avait d'abord séjourné, j'y vis un tableau représentant un bouquet de fleurs et quelques feuilles vertes. Les lignes de couleur vermillon que j'avais remarquées à la surface du sang, correspondaient

exactement aux portions *vertes* du bouquet. Les autres couleurs n'avaient occasionné aucun changement dans la teinte du caillot. M. *Newbigging*, à qui cette observation est due, m'informa que les parties vertes des peintures des soucoupes, se reproduisent toujours de la même manière.

» Depuis l'époque où M. *Newbigging* nous rendit témoins, M. *Forbes* et moi, de l'effet de la couleur verte dont je viens de rendre compte, on a fait de nouvelles expériences dans lesquelles de légères influences des autres couleurs ont été aperçues; mais il y a loin de là à ce que le vert produit..... »

« Au premier aperçu, a dit M. *Dumas*, après avoir entendu la communication précédente, je ne serais pas éloigné d'attribuer le phénomène à cette particularité que dans les peintures sur porcelaine, le vert a plus de saillie que les autres couleurs. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Extrait d'une lettre de* M. **Jules de Malbos** *à* M. Élie de Beaumont, *écrite de Berias* (Ardèche) *le* 28 *janvier* 1839.

« Dans la matinée du 18 octobre dernier, m'étant levé une heure avant le jour, j'aperçus une étoile filante qui de la constellation d'Hercule courait vers l'est et s'évanouit après avoir parcouru environ 20 à 30 degrés. Environ deux ou trois minutes après il en partit une autre du même point et, successivement, j'en comptai treize, toutes s'élançant à peu de chose près de la même partie du ciel, et se dirigeant vers l'est. J'aurais désiré m'être levé plus matin, car je pense que bien d'autres les avaient précédées. Je n'en vis aucune dans les autres constellations; leur éclat était le même, faible, mais la marche rapide, et il fallait bien qu'elle le fût, la terre faisant sept lieues par seconde dans la même direction.

» Le ciel était couvert à Berias dans la nuit du 12 au 13 novembre. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Effet d'un tremblement de terre sur le niveau de l'eau dans les puits.*

Il résulte d'une lettre de M. *Mamiani della Rovere* à M. *Arago*, que le changement de niveau, dans la nappe aquifère des puits de *Pesaro*, dont il a déjà été question à l'Académie, ne précéda pas mais *suivit immédiatement* la secousse de tremblement de terre de la nuit du 23 au 24 juin 1838. Dans la maison des frères *Giorgi*, rue *Saint-Rocco*, au centre de la ville, l'eau s'éleva entre 4 et 5 pieds.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Télégraphe électrique.* — Extrait d'une lettre de M. **Jackson** à M. *Élie de Beaumont.*

« . . . . Je regrette de voir dans les papiers publics, que le professeur *Samuel J.-B. Morse* s'est approprié mon télégraphe électro-magnétique. Je lui expliquai cet instrument tout au long, à bord du paquebot *le Sully*, quand je revenais en Amérique, dans le mois d'octobre 1832. Je suis peiné du patronage immérité que les savants français ont accordé à M. *Morse* : l'invention qu'il leur a montrée m'appartient en entier. Dès que je sus quelles étaient ses prétentions à ce sujet, je lui adressai ma protestation; mais je vois qu'il persévère. Je vous en prie, informez l'Académie que M. *Morse* n'a pas inventé le nouveau télégraphe, et que je lui en donnai la description en octobre 1832. »

M. **Lebailly-Grainville** demande un rapport sur divers Mémoires qu'il a présentés à l'Académie, et qui avaient pour objet d'établir que la terre est animée d'un troisième mouvement de rotation, inaperçu jusqu'ici par les astronomes.

M. **Jarry** envoie une note additionnelle au Mémoire qu'il a présenté à l'Académie, sur la substitution des chemins de bois bituminé, à voies libres, aux chemins de fer.

(Renvoyée aux mêmes Commissaires.)

M. **de Gineste**, ancien médecin des hôpitaux militaires, propose de mesurer les aires des figures planes, en les traçant, par exemple, sur une planche, puis les découpant et comparant leurs poids à celui de la figure prise pour unité.

CHIMIE. — M. **Longchamp** adresse une note sur la production économique de l'hydrogène destiné au gonflement des aérostats. La dépense et la longueur du temps que nécessite la production de ce gaz, au moyen de l'acide sulfurique, de l'eau et du fer, y a fait renoncer en Angleterre; et les aéronantes emploient le gaz, beaucoup moins léger, qui provient de la distillation de la houille.

M. Longchamp rappelle un résultat indiqué par M. Priestley, qui consiste en ce que, si l'on fait passer en grande abondance, de la vapeur d'eau sur du charbon porté au rouge, on n'obtient que de l'hy-

drogène et de l'acide carbonique, sans aucun vestige d'oxide de carbone. Cet oxide ne se produit que quand la quantité de vapeur est peu considérable.

On conçoit alors qu'en agitant le gaz obtenu, avec un lait de chaux un peu clair, l'acide carbonique doit disparaître, et laisser de l'hydrogène pur.

M. Longchamp pense qu'un cylindre en fonte, de 4 décimètres de diamètre sur 22 décimètres de longueur, pourrait produire en vingt-quatre heures, de 14 à 15 mille pieds cubes de gaz, et que la dépense ne s'élèverait pas à 150 francs.

M. **Libri** donne communication d'une lettre dans laquelle on lui annonce la mort de M. Paoli, correspondant de l'Académie.

MM. **Peltier** et **Mandl** déposent un paquet cacheté.

La séance est levée à 5 heures. A.

Erratum. (Séance du 25 février.)

Page 302, ligne 17, *au lieu de* M. Morel de Moudon, lisez Borél de Moudon.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 8, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO; tome 69, octobre 1838, in-8°.

Annales des Sciences naturelles; novembre 1838, in-8°.

Annales de la Société d'Agriculture, Arts et Commerce du département de la Charente; tome 21, sept. et oct. 1838, in-8°.

Cours d'Ophthalmologie, ou traité complet des maladies de l'OEil; par M. ROGNETTA; in-8°.

Réflexions sur le problème de déterminer le nombre de manières dont une figure rectiligne peut être partagée en triangles au moyen de ses diagonales; par M. BINET; in-4°.

Histoire naturelle et iconographie des insectes Coléoptères; 25e et 26e livraisons, in-8°.

Cours complet d'Agriculture; tome 17, in-8°, et planches, 17e livraison, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables aux Industriels, Manufacturiers, aux Commerçants et aux Gens du monde; par M. CHEVALIER; 1re année, n° 3, mars 1839, in-8°.

L'Exposition, journal de l'Industrie et des Arts utiles; par M. LE BOUTEILLER; 6 liv., in-fol.

Recueil de la Société Polytechnique; janv. 1839, in-8°.

Nouveaux Mémoires de l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles; tome 11, in-4°.

Mémoires couronnés par l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles; tome 14, 1re partie, in-4°.

Résumé des Observations météorologiques faites en 1838 *à l'Observatoire de Bruxelles; par* M. QUETELET; in-4°.

Correspondance mathématique et physique; par M. QUETELET; tome 3, 1re liv., janv. 1838, in-8°.

Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles, pour l'an 1839; *par* M. QUETELET; in-16.

Annuaire de l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles; 5e année, in-16.

Académie royale de Bruxelles. — *Bulletin des séances des* 15 et 16 décembre 1838, et 5 janvier 1839, in-8°.

The Athenæum, journal, n° 591, in-8°.

Medical and.... *Recherches de Médecine et de Physique; par* M. Harnan; Philadelphie, 1835, in-8°, avec figures.

Sulla vitale.... *Pensées sur le mouvement électrique vital; par* M. Crescimbeni; Bologne, 1838, in-8°.

Gazette médicale de Paris, tome 8, n° 9, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, 2e série, tome 1er, nos 25—27, in-fol.

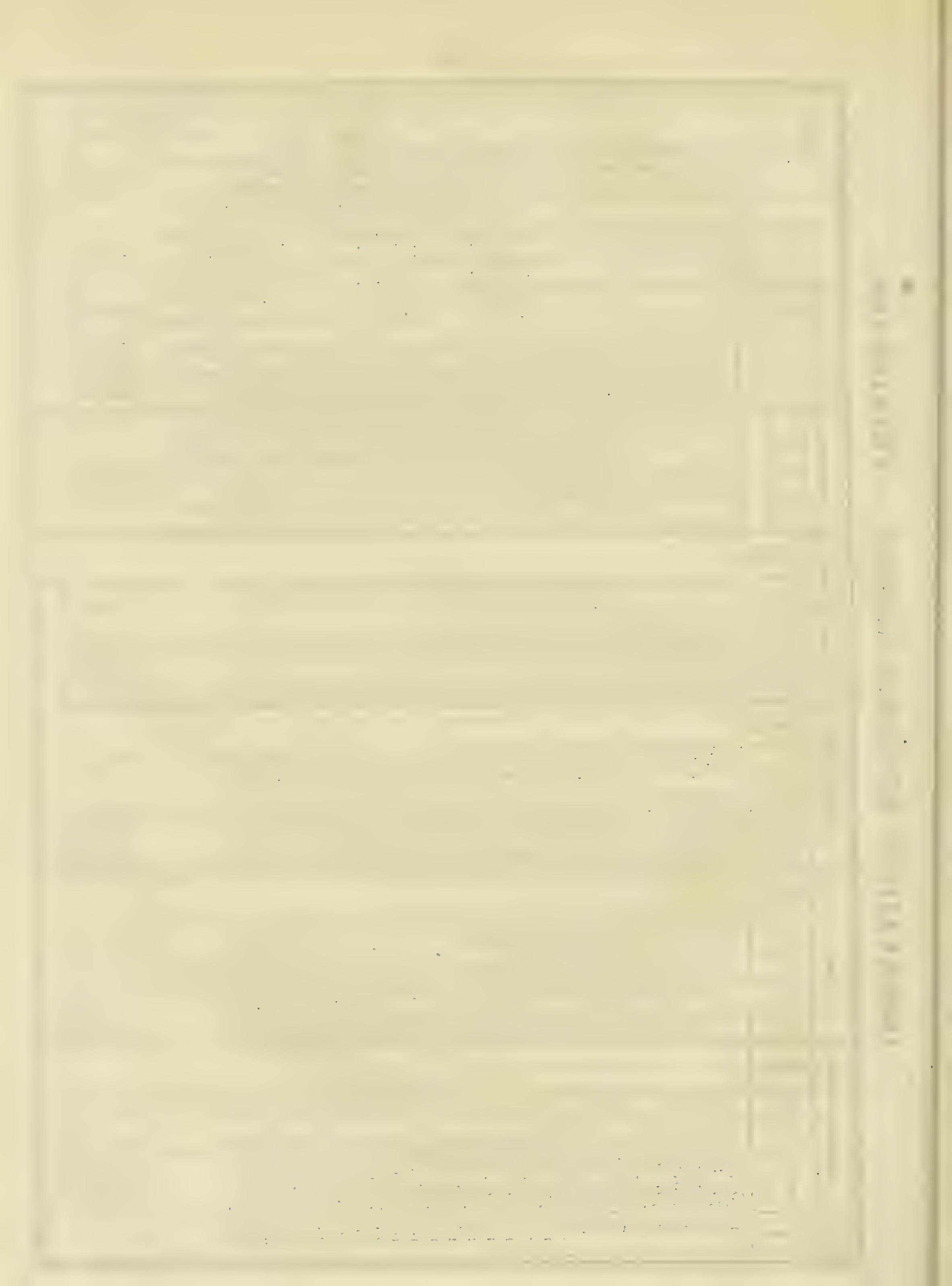
La France industrielle; 5e année, n° 87.

Gazette des Médecins; n° 6.

L'Expérience, journal de Médecine, n° 87, in-8°.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — FÉVRIER 1839.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Maxim.	Minim.		
1	755,43	— 6,4		755,71	— 2,6		756,25	— 1,2		757,49	— 0,5		+ 0,3	— 8,1	Vaporeux.	N.
2	758,83	+ 0,7		759,35	+ 1,4		760,03	+ 1,2		761,79	— 0,9		+ 1,7	— 0,3	Eclaircies.	N. N. O.
3	761,12	— 1,4		759,35	+ 1,8		758,00	+ 0,6		756,05	+ 0,7		+ 1,9	— 3,0	Neige.	S.
4	756,16	+ 0,8		756,85	+ 0,9		757,27	+ 1,0		758,46	+ 3,0		+ 1,2	0,0	Couvert.	S. S. E.
5	761,62	+ 7,1		762,40	+ 8,6		762,32	+ 7,0		761,26	+ 6,0		+ 8,7	+ 0,3	Brouillard.	O. N. O.
6	762,38	+10,4		763,19	+11,3		763,60	+10,4		766,63	+ 8,4		+11,4	+ 7,7	Couvert.	O. S. O.
7	768,81	+ 8,2		768,81	+10,4		768,51	+10,2		768,81	+ 8,4		+10,9	+ 6,8	Quelques éclaircies.	O. S. O.
8	770,69	+ 8,4		770,27	+10,2		769,96	+10,1		770,35	+ 8,0		+10,3	+ 7,2	Couvert.	S. O
9	770,86	+ 7,8		770,97	+ 9,0		770,38	+ 9,6		769,92	+ 7,2		+ 9,6	+ 7,0	Couvert.	O. S. O.
10	769,44	+ 7,8		769,58	+ 9,5		769,10	+ 9,7		770,65	+ 7,6		+ 9,7	+ 5,0	Couvert.	O.
11	770,48	+ 7,6		770.40	+11,0		769,48	+10,7		769,32	+ 6,2		+11,5	+ 4,5	Éclaircies	S.
12	768,38	+ 8,2		767,95	+ 9,8		767,04	+ 7,9		767,49	+ 7,0		+10,0	+ 4,1	Quelques éclaircies.	S.
13	769,77	+ 8,4		770,22	+ 8,3		769,73	+ 8,4		768,63	+ 6,0		+ 9,2	+ 5,7	Léger brouillard.	O. S. O.
14	763,36	+ 7,8		762,49	+ 8,7		761,17	+ 8,8		761,41	+ 8,3		+ 9,3	+ 4,9	Couvert.	O. S. O.
15	762,88	+ 7,2		762,84	+ 8,2		761,69	+ 9,3		760,23	+ 5,5		+ 9,8	+ 3,0	Nuageux.	O. S. O.
16	753,28	+ 5,2		751,66	+ 7,6		749,56	+ 8,2		749,15	+ 5,0		+ 8,5	+ 2,9	Couvert.	S. S. O. fort.
17	748,86	+ 2,7		748,09	+ 6,1		746,87	+ 5,9		747,31	+ 3,2		+ 6,0	+ 0,3	Couvert.	S. S. O.
18	748,19	+ 1,9		748,18	+ 2,8		747,45	+ 5,3		748,37	+ 1,2		+ 5,6	— 0,9	Gouttes de pluie.	S.
19	749,61	+ 1,9		747,96	+ 4,6		745,67	+ 2,0		744,83	+ 1,5		+ 5,2	— 0,6	Couvert.	S.
20	737,66	+ 5,0		736,98	+ 8,4		735,77	+ 9,4		739,61	+ 6,2		+ 9,3	+ 1,0	Couvert.	S. E. fort.
21	756,29	+ 2,5		759,27	+ 2,7		760,63	+ 2,8		763,15	+ 1,9		+ 2,9	+ 1,5	Couvert.	N. N. E.
22	760,63	+ 3,0		758,89	+ 6,1		758,17	+ 8,0		757,72	+10,6		+10,6	+ 1,0	Couvert.	S. O.
23	754,86	+11,0		753,72	+12,0		752,28	+11,6		751,98	+10,0		+12,0	+ 9,0	Couvert.	O. S. O. viol.
24	754,27	+ 6,2		753,88	+ 8,6		752,23	+ 8,7		750,94	+ 6,4		+10,4	+ 4,8	Nuageux.	N. O.
25	750,01	+ 8,5		751,18	+ 9,3		751,41	+ 9,5		754,36	+ 7,1		+ 7,5	+ 1,0	Pluie.	O. N. O. viol.
26	758,94	+ 4,2		759,01	+ 6,7		758,51	+ 6,6		757,71	+ 2,0		+ 6,8	+ 1,5	Nuageux.	N. O.
27	757,84	+ 4,9		757,55	+ 7,7		756,91	+ 8,9		757,60	+ 5,5		+ 9,1	+ 0,7	Serein	O. S. O.
28	763,08	+ 5,2		763,49	+ 7,2		763,39	+ 8,6		764,29	+ 2,5		+ 8,9	+ 1,5	Très nuageux.	N. O.
1	763,53	+ 4,3		763,65	+ 6,0		763,54	+ 5,9		764,14	+ 4,8		+ 6,6	+ 2,3	Moyenne du 1er au 10	Pluie en centim.,
2	757,25	+ 5,6		756,68	+ 7,6		755,44	+ 7,6		755,63	+ 5,0		+ 8,4	+ 2,5	Moyenne du 11 au 20	Cour. 6,515
3	756,99	+ 5,7		757,12	+ 7,5		756,69	+ 8,1		757,22	+ 6,5		+ 8,5	+ 2,6	Moyenne du 21 au 28	Terr.. 5,763
	759,42	+ 5,2		759,29	+ 7,0		758,68	+ 7,1		759,12	+ 5,4		+ 7,8	+ 2,4	Moyennes du mois.	+ 5,1



COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 MARS 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIRURGIE. — *Guérison d'une affection cancéreuse et restauration du nez.*

« M. Breschet a présenté à l'Académie des Sciences un homme adulte sur lequel il a pratiqué, à l'Hôtel-Dieu, une opération pour une maladie grave. Cet homme portait sur le côté gauche du nez une tumeur cancéreuse de la grandeur d'un petit macaron. Cette tumeur qui avait détruit non-seulement la peau, mais encore les muscles, les fibro-cartilages, les os, faisait saillie dans la fosse nasale du côté gauche. M. Breschet a enlevé les parties affectées dans toute leur étendue, non-seulement la peau et les parties cartilagineuses et osseuses, mais aussi la membrane muqueuse correspondante, sur laquelle on voyait des fongosités cancéreuses.

» Après cette ablation des parties malades, l'opérateur a cherché à réparer la mutilation résultant de la destruction du nez, et produite soit par la maladie, soit par l'instrument tranchant. Pour atteindre ce but, il a enlevé une portion des téguments du front, à laquelle il a donné la forme de la plaie, puis il a tordu le pédicule de ce lambeau cutané, l'a

appliqué à la surface traumatique, et l'a retenu dans cette position par plusieurs points de suture.

» En peu de jours la plaie a été complétement cicatrisée et le nez parfaitement restauré. Ce nez a une forme régulière et la physionomie du malade n'a rien de repoussant. Les cicatrices qu'on aperçoit sur les deux côtés du nez sont linéaires.

» C'est moins sous le rapport de la rhinoplastie et pour ses heureux résultats, que M. Breschet a présenté ce malade à l'Académie, que pour faire connaître ce que l'expérience lui a depuis long-temps appris. Il a observé que toutes les fois qu'après avoir enlevé une tumeur cancéreuse, on peut rapprocher les bords de la plaie ou pratiquer l'autoplastie, de manière à obtenir une cicatrice linéaire, on n'a presque jamais à déplorer le retour de la maladie cancéreuse.

» Ce malade a été opéré depuis plusieurs mois, et toutes les parties du nez et des joues sont saines; le sens de l'odorat a conservé son intégrité; mais lorsqu'on irrite le bout du nez, le malade rapporte au front la sensation qu'il éprouve. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Extrait d'une lettre de* M. **Berzélius** *à* M. *Pelouze*.

Stockholm, le 22 février 1839.

« J'ai lu, il y a quinze jours, à l'Académie de Stockholm, un Mémoire qui traite de quelques questions du jour relatives à la Chimie organique. J'y ai pris en considération les oxides à radicaux composés, ainsi que la question suivante qui en est inséparable : *Quel est le maximum du nombre des atomes d'oxigène qui peuvent se trouver réunis dans un seul oxide à radical simple ou composé?* Cette question, dont je crois vous avoir déjà entretenu, est d'un intérêt tellement majeur que je m'étonne qu'elle n'ait jamais été discutée par les chimistes. Sa solution complète est pour le moment impossible; mais on peut dire que nous n'avons pas de donnée positive que ce maximum surpasse le nombre 7. Si l'expérience définitive prouvait que tel est le vrai maximum, vous concevez quelle influence cette considération devrait exercer sur notre manière d'exposer la composition des oxides à radicaux composés.

» Cela m'a conduit à l'examen de la nouvelle théorie de M. Liebig, exposée dans son Mémoire sur la composition des acides organiques, publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, T. LXVIII, p. 5. Mes expériences ont pleinement confirmé les opinions que je vous ai commu-

niquées dans ma lettre du 16 août 1838, que vous m'avez fait l'amitié de lire à l'Académie des Sciences.

» J'ai réussi à prouver d'une manière incontestable que l'influence d'une température de + 180° convertit l'acide citrique des citrates en une combinaison de $C^4H^2O^3 + 2C^4H^4O^4$. J'appellerai le premier de ces acides *acide aconitique*, parce qu'il a la même composition et donne les mêmes sels que cet acide, lequel, au reste, il ne faut pas confondre avec vos deux acides maléique et para-maléique dont les propriétés sont très différentes de celles de l'acide aconitique.

(Relativement à la production de l'acide aconitique par l'exposition de l'acide citrique à une température élevée, voyez mon *Traité de Chimie*, édition de Bruxelles, T. I, p, 234.)

» Le citrate de soude métamorphosé, reproduit, comme vous le savez, du citrate de soude ordinaire en le traitant par l'eau. En substituant à celle-ci de l'alcool de 0,80 à 0,82, une grande partie du citrate se reproduit encore; mais en évaporant l'alcool, on a un résidu particulier, très faible à la vérité, mais qui représente les propriétés de l'aconitate de soude.

» J'ai examiné le citrate d'argent métamorphosé, en le mettant en contact avec de l'alcool mêlé d'acide hydro-chlorique très fort, et en quantité insuffisante pour la décomposition complète du citrate, et en secouant le mélange jusqu'à ce que le liquide ne précipitât plus le nitrate d'argent avec excès d'acide. L'alcool évaporé laissa un résidu incolore qui redissous dans l'eau et abandonné à l'évaporation spontanée ne cristallisait plus et ressemblait parfaitement à l'acide que l'on obtient en fondant $H^2O + C^4H^4O^4$, et en le chauffant jusqu'à ce qu'il commence à tirer sur le jaune. C'est dans ce résidu que se trouve l'acide aconitique artificiel qui ne reproduit plus d'acide citrique.

» En saturant avec du carbonate de soude l'acide retiré du citrate métamorphosé, et en laissant évaporer spontanément la solution, le citrate cristallise; mais on voit bientôt qu'il se forme une eau-mère contenant un sel plus soluble et difficile à faire cristalliser. L'alcool de 0,833 qui ne dissout pas le citrate de soude s'empare de l'aconitate et l'on obtient les deux sels à peu près dans les proportions relatives indiquées par la théorie.

» Il y a deux citrates d'argent, l'un se forme au premier moment de la précipitation, c'est $AgO + C^4H^4O^4$; l'autre est produit par celui-ci; sa formation est très rapide si l'on chauffe le liquide à 60° : elle s'effectue au contraire lentement à la température ordinaire de l'air. Il change

alors d'aspect et prend la forme d'une poudre cristalline, pesante, composée souvent de cristaux visibles à l'œil nu. En lavant rapidement le premier sel à une basse température, en le laissant égoutter sur du papier brouillard souvent renouvelé, et le séchant ensuite dans un bon vide, on parvient à le dessécher, sinon sans aucun changement, au moins sans que la majeure partie ait été altérée, et le sel fournit alors de l'eau en le chauffant à 60° ou à 100°.

» Ces expériences prouvent que l'acide citrique combiné soit avec de l'eau, soit avec des bases, subit, à une certaine température, une métamorphose telle qu'il se produit une combinaison chimique de deux atomes d'acide citrique et d'un atome d'acide aconitique. Dans la combinaison de l'acide double avec les bases, l'eau métamorphose de nouveau l'acide aconitique, en régénérant l'acide citrique; mais, dans l'acide double hydraté, cette dernière métamorphose ne se fait pas, ce qui m'a permis de démêler ce qui se passe dans les réactions précédentes.

» L'émétique métamorphosé, traité sous de l'alcool absolu par un courant d'hydrogène sulfuré, se décompose lentement. L'alcool absolu employé ensuite en grande quantité et chaud, en extrait un sur-sel à base de potasse, et une certaine quantité de sulfure d'antimoine qui se précipite de nouveau quand on distille l'alcool. On obtient un résidu ressemblant à de la gomme, très soluble dans l'eau qui en sépare l'antimoine sulfuré, et cette solution à + 80° laisse un résidu transparent comme le verre, rougissant fortement le papier de *litmus*, d'un goût acide pur, qui, exposé à une température élevée, se détruit sans l'odeur particulière de l'acide tartrique, en laissant du carbonate de potasse. La quantité qu'on obtient de ce sur-sel n'est pas grande, par rapport à la quantité de l'émétique employé, parce que l'oxide d'antimoine donne naissance à un atome d'eau de plus qu'il ne faut pour restituer l'acide tartrique. Ce que l'on obtient suffit toutefois pour prouver que l'acide tartrique a été métamorphosé. Je n'ai point encore examiné la composition du nouveau sur-sel; mais il est évident que s'il est $KO + C^4H^2O^4$, il explique d'une manière satisfaisante la métamorphose de l'émétique.

» Vous vous rappelez que M. Payen, en examinant l'amylate de plomb, crut trouver que l'amidon, dans cette combinaison, exposé à 180°, perd un atome d'eau et de $2\,PbO + C^{12}H^{20}O^{10}$ qu'il était, devient $2\,PbO + C^{12}H^{18}O^9$, qui par conséquent représente la véritable composition de l'amidon. J'ai le regret de dire que mes expériences ne sont pas d'accord avec celles de M. Payen. J'ai préparé de l'amylate de plomb par sa méthode

qui réussit bien. J'ai séché l'amylate un peu au-dessous de 130°, comme l'a fait M. Payen lui-même, et j'ai trouvé qu'à cette température il représente encore de l'amidon non altéré, sauf une quantité minime changée en dextrine. Cet amylate, chauffé à 160°, commence déjà à jaunir, et après avoir été exposé pendant quelque temps à 179°, il est devenu d'un jaune-citron pâle. 6 grammes d'amylate de plomb séchés à 129° ont perdu pendant cette expérience à peine 0,03 en poids. Une grande partie de l'amidon était changée en dextrine colorée que j'ai séparée en traitant la combinaison sous l'eau par un courant d'acide carbonique, et l'autre partie n'était que de l'amidon jauni par la chaleur.

» L'amidon ne subit donc pas de métamorphose analogue à celles dont il vient d'être question.

» M. Péligot a fait sur le sucre de cannes la même observation que M. Payen sur l'amidon, et il a donné pour le sucre la composition $= C^{12}H^{18}O^{9}$. C'est le résultat tiré de l'analyse du saccharate de plomb chauffé à 170°. Il a trouvé que le sucre de cannes non combiné, chauffé à 180°, est également composé de $C^{12}H^{18}O^{9}$, et qu'il se convertit dans cette circonstance en caramel ou en ce sucre déliquescent qui se trouve dans le sirop incristallisable. Il est bien naturel de penser que le sucre chauffé seul ou en combinaison avec l'oxide de plomb, puisse subir le même changement, surtout lorsque l'analyse indique la même composition dans les deux résidus.

» J'ai répété les expériences de M. Péligot avec un saccharate de plomb pour la préparation duquel le sucre avait été cristallisé d'une solution alcoolique, afin de le dépouiller de toute trace de sirop ou de caramel. J'ai trouvé que le saccharate de plomb commence à perdre de l'eau déjà entre 160 et 165° et qu'on n'a pas même besoin de 170° pour la chasser entièrement. La perte se trouve d'accord avec celle observée par M. Péligot. Le saccharate chauffé tout au plus à 169°, a été décomposé une fois par de l'acide carbonique, et une autre fois par du gaz hydrogène sulfuré. J'ai obtenu dans les deux cas une solution incolore qui se colore peu à peu en jaune pendant la concentration et laisse, après avoir été évaporée à + 80° un sirop qui, au bout d'un laps de temps très long, ne donne aucune trace de sucre cristallisé, même sous les conditions les plus favorables à sa cristallisation. Le sirop dissous dans de l'alcool à 0,833 et précipité par de l'éther, laisse déposer un liquide incolore et transparent, trop épais pour couler.

» Cette expérience prouve donc que le sucre se décompose en caramel,

qu'il soit ou non combiné avec de l'oxide de plomb. La composition du sucre de cannes est donc $C^6 H^{10} + 5 O$, et celle du caramel $C^4 H^6 O^3$, la combinaison plombique étant probablement $2 Pb O + 3 C^4 H^6 O^3$.

» M. Péligot a découvert et analysé un saccharate de baryte qu'il considère comme $Ba O, C^{12} H^{18} O^9 + 2. H^2 O$. Ce saccharate ne diminue pas de poids par une chaleur de 200°. Comment concevoir que deux atomes d'eau restent à cette température dans le sel? En changeant la formule précédente en $Ba O, C^6 H^{10} O^5 + H^2 O, C^6 H^6 O^5$, c'est-à-dire en le considérant comme un saccharate double d'eau et de baryte analogue à la crème de tartre ou tartrate double d'eau et de potasse, il n'y a pas de raison pour que l'atome d'eau quitte le sucre avant que celui-ci se décompose lui-même; les deux choses se font en même temps, et nous savons que tel est aussi le cas que nous présente l'atome d'eau dans la crème de tartre.

» Ces expériences prouvent donc d'une manière incontestable que l'eau chassée dans ces sortes de réactions, n'est pas de l'eau de combinaison préexistant dans la matière organique; mais qu'elle est produite au contraire par suite d'une véritable métamorphose qu'on a méconnue, parce qu'on a négligé d'examiner les substances produites par l'influence d'une température élevée. »

CHIMIE. — *Nouveau métal.*

« M. **Berzélius** annonce à M. *Pelouze*, dans la même lettre, que M. Mosander vient d'examiner de nouveau la cérite de Bastnas, minéral dans lequel le cérium a été découvert, il y a trente-six ans, et y a trouvé un nouveau métal.

» L'oxide de cérium, extrait de la cérite par le procédé ordinaire, contient à peu près les deux cinquièmes de son poids de l'oxide du nouveau métal qui ne change que peu les propriétés du cérium, et qui s'y tient pour ainsi dire caché. Cette raison a engagé M. Mosander à donner au nouveau métal le nom de *Lantane*.

» On le prépare en calcinant le nitrate de cérium mêlé de nitrate de Lantane. L'oxide cérique perd sa solubilité dans les acides faibles et l'oxide de Lantane qui est une base très forte, peut être extrait par l'acide nitrique étendu de 100 parties d'eau.

» L'oxide de Lantane n'est pas réduit par le potassium, mais ce dernier sépare du chlorure lantanique une poudre métallique grise, qui s'oxide dans l'eau avec dégagement de gaz hydrogène en se convertissant en un hydrate blanc.

» Le sulfure de Lantane peut être produit en chauffant fortement l'oxide dans la vapeur d'oxide de carbone. Il est d'un jaune pâle, décompose l'eau avec dégagement d'hydrogène sulfuré, et se convertit en hydrate.

» L'oxide de Lantane a une couleur rouge de brique qui ne paraît pas être due à la présence de l'oxide cérique. Il se convertit dans l'eau chaude en un hydrate blanc qui bleuit un papier de litmus rougi par un acide. Il est rapidement dissous par les acides même très étendus : employé en excès, il se convertit facilement en sous-sel.

» Ces sels ont un goût astringent, sans aucun mélange de saveur sucrée. Leurs cristaux sont ordinairement rosés. Le sulfate de potasse ne les précipite qu'autant qu'ils sont mêlés de sels de cérium.

» Mis en digestion dans une solution de sel ammoniac, l'oxide s'y dissout en chassant peu à peu l'ammoniaque.

» Le poids atomique du Lantane est plus faible que celui assigné au cérium, c'est-à-dire au mélange de ces deux métaux.

» M. Berzélius a répété et constaté les expériences de M. Mosander. »

RAPPORTS.

M. Chevreul commence la lecture d'un Rapport sur l'*épizootie qui a frappé les vaches de Paris pendant l'hiver de* 1838 *à* 1839.

MÉMOIRES LUS.

ZOOLOGIE. — *Recherches microscopiques sur l'anatomie et le développement du* Tendra zostericola, *espèce de polype de la section des Bryzoains; par* M. Alexandre de Nordmann, professeur à Odessa. — (Extrait.)

(Commissaires, MM. de Blainville, Audouin, Milne Edwards.)

« Ce polype, désigné par l'auteur sous le nom de *Tendra zostericola*, ressemble aux Eschares et aux Halodactyles par sa conformation générale, mais présente cela de remarquable que les divers individus réunis en séries linéaires, diffèrent entre eux par leur structure intérieure aussi bien que par leur aspect extérieur, et paraissent être *les uns des mâles, les autres des femelles.*

» L'auteur s'occupe d'abord des *Polypes mâles*, et décrit successivement la cellule, l'appareil tentaculaire, les organes de la digestion, le système musculaire, l'appareil de la génération et le système nerveux.

» Les tentacules, au nombre de huit, sont garnis, sur les bords, de cils vibratiles, et parcourus dans toute leur longueur par deux canaux. L'appareil digestif est conformé de la même manière que chez les Eschares et les Flustres; on y distingue un mouvement rotatoire produit par l'action de cils vibratiles. Les organes du mouvement se divisent en deux séries de muscles; les premiers, au nombre de sept, servent à soulever le polype ou à le tirer vers le fond de sa cellule; les seconds, au nombre de seize, servent à fermer l'ouverture de cette loge, et remplacent l'appareil operculaire des Eschares. Les organes mâles sont des appendices vermiformes insérés près de la base des tentacules; ils manquent chez les individus femelles, et l'on voit dans leur voisinage une multitude d'animalcules ressemblant à des *zoospermes*. Enfin l'auteur considère, comme un système nerveux, trois petits corps ganglionnaires placés dans les environs de la bouche.

» Dans un second article, l'auteur décrit les *Polypes femelles*.

» La conformation extérieure de leurs cellules, dit-il, ne diffère que très peu de celle des loges du Polype mâle; mais il en est tout autrement de leur structure intérieure, car tandis que la paroi supérieure de la cellule du mâle est parfaitement lisse, elle est ici divisée en un grand nombre de petits compartiments dirigés transversalement, qui lui donnent l'aspect d'un treillis en filigrane élégamment travaillé. Le corps du Polype femelle se distingue par l'absence des appendices mâles, et c'est seulement dans les cellules ainsi conformées que se développent des œufs.

» Les œufs sont fécondés par les zoospermes du polype mâle, lesquels passent dans les cellules femelles, par une ouverture située à la base de chaque loge. Quand l'embryon est près d'éclore, il commence à remuer dans le chorion, et on le voit se contracter et vibrer à l'aide des cils qui garnissent son corps. La surface extérieure du chorion est parfaitement lisse, et les mouvements que les ovules paraissent faire ne leur sont pas propres, mais leur sont communiqués par l'embryon.

» J'ai observé l'embryon au sortir de son enveloppe, ajoute l'auteur, et je l'ai vu tourner avec une grande rapidité sur son axe, nager dans l'eau, puis se fixer à la surface de la feuille du zostera; enfin j'ai suivi, aussi loin qu'il m'a été possible, les transformations du jeune animal, le développement du polype et l'accroissement de la cellule.

» Le *Tendra zostericola* a été découvert dans la mer Noire, et forme sur les feuilles de zostera, des plaques composées d'individus mâles et

femelles; mais il n'existe aucun ordre régulier dans la position de ces polypes de sexe différent.

» Ce Mémoire est accompagné d'une planche in-folio. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Mémoire sur le magnétisme et l'électricité; par* M. **Fredric Roessinger.**

(Commissaires, MM. Arago, Savart, Savary.)

L'auteur commence par quelques détails sur une expérience qui serait assurément très importante si, jusqu'à plus ample examen, elle ne semblait pouvoir être expliquée d'après la théorie connue de la diffraction.

THÉRAPEUTIQUE. — *Deuxième mémoire sur l'emploi de l'or dans le traitement des maladies scrofuleuses des os; par* M. **A. Legrand**, docteur-médecin.

(Commissaires, MM. Larrey et Breschet.)

CORRESPONDANCE.

M. **le Ministre de l'Instruction publique** écrit à M. le Secrétaire, pour réclamer un Mémoire de Géométrie de M. *Hubert Mangin*, qu'il avait transmis à l'Académie, en la priant d'y joindre ses observations.

Extrait d'une lettre de **M. A. Th. d'Abbadie** *à* M. Jomard.

Malte, 16 janvier 1839.

« Monsieur,

» De retour de mon voyage en Abyssinie, et n'ayant pas encore eu le loisir nécessaire pour coordonner mes nombreuses observations, je m'empresse de vous en envoyer un sommaire que je vous prie de vouloir bien communiquer à l'Académie des Sciences et à la Société de Géographie. Massawwa' fut le premier théâtre de mes études; on y parle une langue sémitique distincte de l'arabe et du dialecte du Tigray. J'en ai formé un vocabulaire, et d'après mes notes sur les mœurs et coutumes des Hhabab qui demeurent aux environs, je crois pouvoir prouver leur origine arabe. Quelques phénomènes météorologiques observés par moi à

Massawwa', paraissent se lier d'une manière curieuse, d'après la théorie géologique de M. Élie de Beaumont, à la configuration du continent voisin. Après un séjour de deux mois dans cette île commerçante, j'ai abordé le continent africain par la route ordinaire qui conduit de *Hharckickou* à Halay. Le pays intermédiaire est habité par les Shaho, dont une seule tribu, celle des Hasaorta, était connue des Européens. J'ai recueilli quelques traditions curieuses sur l'origine de ces tribus errantes, et d'après un vocabulaire raisonné de leur langue, j'ai pu établir son affinité lointaine avec la souche sémitique. Après un long séjour dans le Tigray, où je commençai l'étude de la langue Amhargna, je me rendis à Gondar peu de temps avant la saison des pluies. Là, par le secours de cette dernière langue, je commençai l'étude de la *bouche Ilmorma* (afan Ilm'orma), ou dialecte commun aux nombreuses peuplades Gallas qui habitent l'Afrique centrale. Mon frère qui m'avait accompagné jusque là, sans s'effrayer de la diminution de nos ressources pécuniaires, voulut rester à Gondar. Après la saison des pluies il a dû partir pour le Damot, et de là pour le pays des Gallas afin de vérifier l'exactitude des curieux renseignements que nous avions obtenus sur les sources du Nil-Blanc. Mon frère m'avait aidé dans toutes mes recherches, et comme il s'était habitué aux observations astronomiques, je lui laissai la plupart de mes instruments.

» De Gondar j'allai visiter les montagnes de Sömen, dont la hauteur avait donné lieu à de vives discussions entre les partisans de Bruce et ceux de Salt. Le mont Bwahit doit avoir au moins 4 000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le 8 juillet ce mont était couvert de grêle qui ne fondait pas sous un vent piquant du N. dont la température, à 8^h du matin, était $6°,6$ centig. D'après les gens du pays, les monts Fazan et Haï sont encore plus élevés que le mont Bwahit. Ma mesure hypsométrique fut faite au moyen d'un thermomètre fort délicat, et l'eau employée était de la grêle fondue. J'ai fait des mesures semblables à Gondar, Halaï, et sur plusieurs autres points de l'Abyssinie. Je regrette d'avoir été obligé d'employer l'eau bouillante pour ces observations, mais mon baromètre fut cassé dès le début du voyage, et je crois qu'il est très difficile de transporter ce dernier instrument en Abyssinie.

» Ayant suivi une route nouvelle d'Adwa à Massawwa', je me rendis de ce dernier lieu à Mokha où j'étudiai la langue des Somalis. Dans ce vocabulaire un quart des mots est identique avec l'Ilmorma, ce qui prouve la connexion des deux dialectes. La tradition somali me confirma celle des Gallas

que j'avais recueillie à Gondar, et d'après laquelle tous ces peuples seraient issus du sud de l'Arabie.

» J'emmène en France un Galla et un Abyssin qui conversent avec moi chacun dans sa langue. Leur présence servira en outre à confirmer mes remarques sur l'ethnographie de l'Afrique orientale, déduites des formes physiques de ses habitants.

» Vous apprendrez sans doute avec plaisir que M. Dufey, l'un des deux Français qui voyageaient en Abyssinie avant nous, est sorti du Choa par une route nouvelle, celle de Tadjoura. Il doit arriver en Égypte sous peu.

» Vous avez sans doute entendu parler de l'expédition envoyée par le pacha d'Égypte à la découverte des sources du Nil-Blanc......

» Agréez, Monsieur, etc. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — En prenant la parole avec l'intention de traiter de nouveau une question relative aux images engendrées par les rayons lumineux, M. Arago espère que l'Académie voudra bien lui continuer la bienveillance qu'elle a montrée jusqu'ici pour toutes les communications du même genre qui lui ont été faites. Au surplus, l'effroyable malheur dont M. Daguerre vient d'être victime, rend plus impérieux encore le devoir que les amis de cet ingénieux artiste se sont imposé, de lui faire rendre une complète justice.

Quel est le véritable inventeur des méthodes dont les produits ont été si admirés? La question, en tant qu'elle concerne MM. Niépce et Daguerre, a été réglée, depuis long-temps, par un acte notarié. Au besoin, on trouvera d'ailleurs les éléments nécessaires, dans la correspondance de nos deux compatriotes. Tout cela sera éclairci en temps et lieu, nettement, sans aucune équivoque possible.

Reste la discussion dont nous nous sommes déjà occupés, et qui s'est élevée entre les physiciens de France et d'Angleterre. A ce sujet, voici un nouveau document qui nous arrive de *Kew-Green*, près de Londres.

M. *Baüer*, savant botaniste, écrit au rédacteur du *Literary Gazette*, qu'il fit connaissance avec M. *Niépce*, à *Kew*, en septembre 1827. Dans le mois de décembre de la même année, M. *Niépce*, sur l'invitation de M. *Baüer*, rédigea un Mémoire relatif aux procédés qu'il avait découverts, pour fixer les images de la chambre obscure et pour copier des gravures à l'aide des rayons solaires. Ce Mémoire, M. *Baüer* vient de le faire imprimer. Il porte la date du 8 décembre 1827. Il fut présenté à la Société royale de Londres, dans ce même mois de décembre, et resta plusieurs

semaines aux mains de divers membres du comité de ce corps savant. Le Mémoire était accompagné de *plusieurs échantillons* (sur métal) *très intéressants, produits de la découverte de M. Niépce* (*Several very interesting speciments, the products of his discovery*). Le Mémoire ne fut pas imprimé dans les *Transactions philosophiques*, parce que l'auteur n'y avait pas décrit ses procédés.

M. *Baüer* possède encore plusieurs échantillons du nouvel art, que M. *Niépce* lui remit en 1827. Il offre de les montrer à qui serait curieux de les étudier. M. *Baüer* va certainement trop loin, quand il ajoute, lui qui n'a rien vu de M. *Daguerre* : « ces spécimens sont aussi parfaits que les produits de M. *Daguerre* décrits dans les Gazettes françaises de 1839. » (*Are quite as perfect as those productions of M. Daguerre, described in the french new-papers of* 1839.)

Au surplus, il ressort de la lettre, si intéressante et si loyale de M. *Baüer*, une preuve nouvelle et incontestable de la grande antériorité de nos compatriotes sur les physiciens anglais; car d'après la propre déclaration de M. Talbot, ses premiers essais ne remontent qu'à 1835.

M. *Arago* a profité de la circonstance pour réclamer contre la conséquence qu'on a tirée, bien à tort suivant lui, d'une expérience dont il a été question à la Société philomatique. Un ami de M. *Guérin-Varry* a trouvé, assura-t-on, le moyen de fixer sur les métaux toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. On s'est hâté de conclure de là, que les représentations des objets, analogues à celles de la gravure à *l'aqua-tinta*, qu'obtient M. *Daguerre*, vont être incessamment remplacées et primées par de véritables peintures, où les couleurs des images de la chambre noire se trouveront reproduites. Pour que cette conclusion fût légitime, il faudrait qu'on eût découvert UNE *substance* que les rayons rouges coloreraient en rouge, que les rayons jaunes coloreraient en jaune, sur laquelle les rayons bleus laisseraient une empreinte bleue, etc., etc.; or, rien de pareil n'a été annoncé. On se tromperait si pour avoir trouvé des vernis, des enduits qui, exposés au soleil, deviendraient : *celui-ci*, rouge, *celui-là*, jaune, *un troisième*, vert, etc., on s'imaginait avoir fait un seul pas vers la solution du problème qu'on présentait comme résolu. Au reste, puisqu'il vient d'être question de couleurs diverses fixées sur les métaux, il ne sera pas hors de propos de rappeler les admirables iris que M. *Nobili* savait si bien produire et dont il avait orné, par exemple, les couvercles de plusieurs tabatières.

ANIMAUX FOSSILES. — *Extrait d'une lettre de* M. **Pentland** *à* M. Arago (1).

« Je vois dans un des derniers *Comptes rendus*, un article où l'auteur, M. *de Blainville*, rejette la détermination donnée par Cuvier au sujet du Megathérium, et pense devoir faire de cet animal un *Tatou*, en se fondant particulièrement sur la cuirasse dont ce monstre était couvert. En examinant attentivement les restes d'un autre animal, qui étaient arrivés en Angleterre avec ceux du Megatherium, et qu'on avait trouvés dans un *autre* endroit, j'avais conclu, il y a trois ans, que la couverture cuirassée était celle d'un animal voisin des Tatous, et très différent du Megatherium. Je soutenais aussi que ce dernier n'avait pas de cuirasse. Une découverte récente, faite près de Buenos-Ayres, vient de confirmer mon opinion; elle nous a procuré un Tatou de la grandeur du Rhinocéros, mais avec toute la structure des Tatous, et auquel appartenait la cuirasse attribuée au Megatherium. Je dois ajouter qu'il y a au Jardin du Roi, des plâtres de quelques os de cet animal extraordinaire, auquel mon ami Owen vient de donner le nom de Glyptodon, et qui offrent une ressemblance parfaite avec ceux du Tatou géant dont on possède quelques ossements dans le cabinet d'Anatomie comparée.

« Voilà un nouvel exemple de la justesse des vues de l'illustre auteur du *Règne animal*, dans une des branches les plus difficiles de l'anatomie comparée. Je crois qu'il était parfaitement fondé en plaçant le Megatherium auprès des Paresseux. »

GÉOLOGIE. — *Extrait d'une lettre de* M. **Pentland** *à* M. Arago, *sur les fossiles de la Cordillère du haut Pérou.*

« Le dernier *Compte rendu* renferme une Note de M. *d'Orbigny*, par laquelle il réclame ce que je n'ai jamais voulu m'attribuer: la découverte de certains corps fossiles dans les régions élevées de *Bolivia*. A mon tour, permettez-moi de dire que cette découverte, si c'en est une, appartient 1° à *Ulloa*, qui trouva des coquilles à des hauteurs égales, *il y a soixante-dix ans, près de Guancabelica;* 2° à *Dombey* et autres

(1) J'accomplis un devoir, en prévenant que M. de Blainville était absent, quand le secrétaire a donné lecture de l'extrait de la lettre de M. Pentland, et que les réflexions dont notre confrère pourrait vouloir accompagner cette communication, se trouvent ainsi inévitablement renvoyées à un autre numéro du *Compte rendu*. (A.)

qui ont rapporté, il y a bien des années, des ossements de Mastodonte à dents étroites (et non de Mastodonte des Andes), recueillis aux environs de *Jarija*. M. *d'Orbigny* cite le rapport de M. *Cordier,* fait en 1834; mais s'il l'avait demandé à ce savant, il aurait appris qu'en 1827, j'avais déposé une collection de ces mêmes coquilles fossiles au Jardin du Roi. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Tremblement de terre de la Martinique.* — Extrait d'une lettre de M. **Pacine**, enseigne de vaisseau à bord de la corvette *la Recherche*, à M. Martins.

« Il était six heures du matin, lorsque le navire fut ébranlé dans toutes ses parties, par la secousse qui a duré près de quarante secondes. Les mâts de perroquet fouettaient comme des bambous. Quelques secondes après, je vis s'élever sur le rivage une espèce de vapeur, que je pris pour l'écume de la mer, poussée hors de ses limites, mais c'était une illusion, car cette vapeur s'échappait par les crevasses du terrain; alors l'écroulement des maisons commença; celles qui bordent le rivage s'abattirent en formant des flots de poussière, comme une lame qui se recourbe en déferlant. Un épais nuage de plâtre fit disparaître la terre à nos yeux pendant plusieurs minutes. Du milieu de ce chaos s'éleva un cri épouvantable formé des milliers de cris de ces malheureux. Tous les équipages des bâtiments, au nombre de cinq cents hommes, étaient à terre dix minutes après. En quelques heures, deux cents personnes, encore vivantes, furent retirées des décombres, et le soir on avait trouvé quatre cents cadavres. L'hôpital militaire et maritime avait été détruit de fond en comble. Figurez-vous les deux murs s'abattant l'un vers l'autre et le toit par dessus; cependant nous eûmes le bonheur de sauver quelques hommes encore vivants. »

GÉOGRAPHIE. — *Réclamation de propriété au sujet de la carte du lac de Titicaca.*

M. *John Christian Bowring* affirme, par l'intermédiaire de M. *Pentland,* que la carte du lac de *Titicaca*, que M. *d'Orbigny* a publiée, a été faite par lui (M. *Bowring*), et sur ses propres observations. Que les dessins de *Tiquina* et des îles de *Coate* et de *Titicaca,* sont également son ouvrage. Ce fait, ajoute-t-il, pourrait d'autant moins être contesté, que M. *d'Orbigny* n'a visité qu'une petite partie du golfe méridional du lac, et qu'il n'a été dans aucune des îles mentionnées ci-dessus.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — M. *Arago* explique que la Commission qui a été chargée de rendre compte d'une machine à vapeur, à rotation immédiate, de M. *Pelletan*, ne peut pas encore faire son rapport, quoiqu'elle ait été déjà témoin de tout ce que cette machine offre de spécieux. Il lui semble indispensable de mesurer la force de la machine avec le frein.

GÉOLOGIE. — M. *Élie de Beaumont* présente, de la part de M. *Murchison*, l'ouvrage que ce géologue vient de publier sous le titre de *Silurian system*. Cet ouvrage a pour but spécial de faire connaître les assises les plus récentes des terrains de transition du pays de *Galles*, auxquelles M. Murchison a donné le nom de *Système silurien*. M. Élie de Beaumont est chargé d'en rendre un compte verbal.

MM. **A. Rouquès** et **J.-L. Rouquès**, envoient à l'Académie un échantillon d'indigo, qu'ils ont extrait des feuilles du *Polygonum tinctorium*.

M. **Goin**, médecin-inspecteur des eaux minérales de Saint-Alban, adresse une réclamation au sujet d'une observation de M. Leroy d'Étiolles, sur l'action nuisible des eaux de Vichy, insérée dans le *Compte rendu* du 11 février dernier.

La séance est levée à 5 heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 9, in-4°.

Annales maritimes et coloniales; 24e année; février 1839, in-8°.

Troisième Mémoire sur la localisation des Fonctions cérébrales et de la Folie, suivi d'un Mémoire sur le Tournis; par M. Belhomme ; Paris, 1839, in-8° (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

De l'Air comprimé employé comme moteur, ou de la Force obtenue gratuitement et mise en réserve ; par M. Andraud ; in-8°.

Du Bégaiement et des effets physiologiques du Geste dans l'acte de la parole ; par M. Serres, d'Alais. (Extrait des *Annales de la Société de Médecine de Gand.*) In-8°.

Considérations hygiéniques sur les Eaux en général et sur les Eaux de Vienne en particulier; par M. Grimaud de Caux; in-8°.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; n° 97, janvier 1839, in-8°.

Revue zoologique; par M. Guérin-Menneville; n° 2, 1839, in-8°.

Documents statistiques recueillis et publiés par le Ministre de l'Intérieur du royaume de Belgique; 4° publication officielle.

Monographie d'Echinodermes vivants et fossiles; par M. L. Agassiz: Neufchâtel; in-8°.

Biblioteca agraria o sia Raccolta de scelte istruzioni economico-rurali; diretta M. G. Moretti; vol. 11 à 21; Milan, in-12.

Elementi di Agricoltura teorico-pratica; par MM. Moretti et C. Chiolini; vol. 1 à 4; Milan, in-12.

The silurian system... *Système silurien établi d'après des recherches géologiques; par* M. Murchison; 2 vol. in-4°, figures et cartes; Londres, 1839.

Procedings... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres;* n° 36.

The Annals.... *Annales d'Electricité, de Magnétisme et de Chimie; par* M. Sturgeon; mars 1839, in-8°.

The London.... *Magasin philosophique de Londres et d'Édimbourg;* mars 1839, in-8°.

Gelerthe unzeigen.... *Nouvelles scientifiques publiées par les membres de l'Académie des Sciences de Bavière;* Munich, 1835—1837, tome 1 à 5, in-4°.

Abhandlungen.... *Mémoires de la classe physique et mathématique de l'Académie royale des Sciences de Bavière;* tome 2, in-4°; Munich, 1837.

Abhandlungen.... *Mémoires de la classe philosophique et philologique de la même Académie;* tome 1 et 2; Munich, 1835—1837, in-4°.

Die frauenmilch.... *Le Lait de femme considéré sous ses rapports chimiques et physiologiques; par* M. J.-F. Simon; Berlin, 1838; in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 6, n° 10, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2° série, tome 1er, nos 29 et 30, in-4°.

La France industrielle, journal; n° 88.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 88.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 MARS 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétale; par MM. DE MIRBEL *et* SPACH.

PREMIÈRE PARTIE. — *Observations.*

« Dès 1835, nous avions conçu le projet, M. Spach et moi, de rechercher en commun l'origine de tous les organes extérieurs des végétaux. Nous commencions ce long travail lorsqu'au mois d'octobre de cette même année 1835, M. Guillard, de Lyon, nous communiqua un mémoire imprimé qu'il avait composé avec monsieur son frère, sur l'organogénie de la fleur; c'était précisément par là que nous étions entrés en matière. Le parfait accord de nos observations avec les observations beaucoup plus nombreuses de MM. Guillard, nous porta à croire qu'ils ne s'étaient pas trompés. J'en parlai dans ce sens à l'Académie, le 26 octobre 1835, et depuis, rien n'a changé notre conviction. Mais si dès lors il nous était démontré que la priorité des découvertes appartenait à ces messieurs, il nous semblait toutefois qu'ils s'étaient arrêtés trop tôt. Nous poursuivîmes nos recherches.

» Vers la fin de 1837, nous songions à une publication partielle, quand M. Schleiden, de Berlin, excellent observateur, écrivain spirituel et ingénieux, nous adressa ses *Considérations sur l'histoire du développement de l'organisme végétal dans les phanérogames*. Cet écrit contenait beaucoup d'observations neuves; mais, dans le nombre, il s'en trouvait dont nos notes et nos dessins offraient des équivalents. Ainsi, une partie de notre travail, que nous avions regardée jusque alors comme ayant quelque valeur, n'était plus, à nos propres yeux, qu'une simple confirmation, sinon des théories, du moins des observations de M. Schleiden.

» Peu de mois après, un nouvel écrit du même auteur, et sur le même sujet, vint nous appauvrir encore. Ces pertes successives ne nous rebutèrent point. S'il nous avait paru que MM. Guillard étaient restés en-deçà du but, nous jugeâmes que M. Schleiden l'avait dépassé de beaucoup, et, peut-être, faisait fausse route. Cette considération nous donna l'espoir qu'à défaut de nombreuses et importantes découvertes, nous pourrions du moins publier quelques faits isolés, quelques remarques critiques qui ne seraient pas sans intérêt pour la science. Dans une des plus prochaines séances, nous demanderons encore la parole, et, cette fois, ce sera pour combattre M. Schleiden. D'après de respectables témoignages qui nous arrivent d'outre Rhin, sa doctrine antisexuelle, assez froidement accueillie à Paris, obtient, en Allemagne, une vogue étonnante. Ce succès qu'explique jusqu'à certain point le mérite très réel de l'auteur, nous impose l'obligation de donner à l'examen de son œuvre une attention toute particulière. Aujourd'hui nous nous bornerons à dire ce que nous avons vu dans les Graminées. L'un de nous s'étant occupé autrefois de cette famille, a voulu savoir si des études mieux dirigées et plus profondes, confirmeraient ou infirmeraient ses premiers aperçus. De là, notre préférence pour ce point de départ. La connaissance du développement de l'embryon a été l'objet principal de nos études. Les modifications par lesquelles il passe, vont être soigneusement décrites. A dessein d'éviter toute confusion, nous les rangerons suivant l'ordre successif de leur apparition, et les partagerons en sept séries, qui correspondront chacune à une période de la végétation. Nous prenons pour type le Maïs: il servira de terme de comparaison avec les autres espèces.

» *Première période.* — Dans les végétaux, tout organe extérieur quelque compliqué qu'il devienne plus tard, commence par une simple excroissance de tissu cellulaire invisible à l'œil nu. Telle est l'origine de l'épi femelle du Maïs. En avançant en âge il grossit, s'allonge, se façonne en

cône, se couvre, à partir de sa base jusqu'à son sommet, de mamelons qui, chacun séparément, en engendrent d'autres. Chaque groupe de mamelons devient un épillet; chaque mamelon est le germe d'une fleur. Mais sur chaque épillet il n'y a d'ordinaire qu'un seul mamelon qui se maintienne ; les autres avortent. Le mamelon réservé produit à son pourtour de minces bourrelets, les uns demi circulaires, les autres circulaires, tous concentriques. Chacun de ces bourrelets, à raison de sa position, se transformera bientôt soit en bractée, soit en glume, soit en lodicule ou en ovaire, ou en tégument ovulaire. Le sommet du mamelon constitue dès à présent le nucelle.

» *Seconde période.* — L'observateur assiste à la naissance de l'ovaire, de la primine et de la secondine. A cette époque l'ovaire a la forme d'un petit godet à large orifice, et sa paroi est une membrane mince et transparente. Le nucelle est fixé au fond de l'ovaire. Cette disposition est immuable dans le Maïs. La primine et la secondine partent du pourtour du nucelle qu'elles recouvrent en partie. La première de ces enveloppes étant beaucoup plus courte que l'autre ne l'emboîte qu'à sa base, d'où il suit que l'endostome dépasse sensiblement l'exostome.

» *Troisième période.* — Le style, dont tout-à-l'heure encore il n'existait pas la moindre apparence, naît du bord de l'ovaire, du côté où celui-ci regarde l'axe de l'épi. Il s'allonge verticalement en lame étroite. L'ovaire et le style réunis figurent une petite hotte. L'ovule avec ses deux enveloppes, la primine et la secondine, a changé de position. Son axe était parallèle à l'axe de l'épi; maintenant il est incliné vers lui d'environ 45 degrés. La secondine est toujours en avance sur la primine.

» *Quatrième période.* — L'ovaire s'est arrondi, son orifice s'est rétréci et s'est allongé de manière qu'il forme une sorte de canal. Le style s'est accru. La partie supérieure se termine par deux dents plus ou moins distinctes, qui doivent être considérées comme un double stigmate. L'axe de l'ovule fait avec celui de l'ovaire un angle de 90 à 100 degrés. Il se confond avec l'axe du nucelle, au sommet duquel il se termine. Tout près de ce point, dans l'intérieur du nucelle, apparaît une très petite cavité ovoïde qui contient une mucosité transparente que M. Schleiden a observée le premier. La suite prouvera que cette matière n'est autre chose que du cambium à l'état amorphe.

» A mesure que l'axe de l'ovule s'incline davantage du côté de l'axe de l'épi, toute la partie de la primine et de la secondine attachée du côté opposé, s'accroît et, pour ainsi parler, s'efforce de couvrir le nucelle, tan-

dis que la partie attachée du côté de l'axe de l'épi, reste à peu près stationnaire. Toutefois, la différence de grandeur entre la primine et la secondine n'est pas effacée : la secondine cache presque entièrement le nucelle; la primine, au contraire, est de beaucoup en arrière.

» Ces deux enveloppes ovulaires offrent encore cela de remarquable, que la portion de l'une et de l'autre, située sous l'orifice de l'ovaire, se développe en cornet dans le canal qui y conduit.

» *Cinquième période.* — L'ovaire continue de grossir et le style de s'allonger. On observe dans celui-ci, ainsi que M. Ad. Brongniart l'a noté, deux faisceaux de trachées qui partent chacun de l'un des deux côtés de l'ovaire et s'en vont parallèlement se rendre aux deux dents qui sont les deux stigmates. Maintenant, l'inclinaison de l'ovule est de 125 à 135° environ. L'apparence d'un mucilage dans la petite cavité située au sommet du nucelle s'est évanouie. A la même place, on voit très nettement une grande utricule ovoïde et diaphane, qui remplit et tapisse toute la cavité : nous la nommerons l'*utricule primordiale* (*dépression du sac embryonnaire, ou vésicule embryonnaire* Ad. Brongn.; *extrémité antérieure du boyau pollinique* Schleiden). Elle est surmontée d'un prolongement grêle, sur lequel sont attachées de petites utricules turbinées, disposées en grappe serrée; elle se termine à sa partie inférieure par le suspenseur, appendice filiforme et tubulé qui aboutit à l'endostome.

» D'après M. Ad. Brongniart, l'examen de cette vésicule, à une époque évidemment antérieure à l'imprégnation, est extrêmement difficile. Il pense qu'elle ne résulte que d'une sorte de dépression de la membrane du sac embryonnaire, et, partant de cette hypothèse, il admet qu'elle peut ne se former qu'au moment de l'imprégnation, ou très peu de temps avant. Ce sont surtout ses observations sur le *Cucurbita cerifera*, le *Nuphar lutea*, et l'*Ipomæa purpurea*, qui l'ont conduit à ces conclusions (1).

» La famille des Graminées nous a donné des résultats plus positifs. On y suit selon l'ordre chronologique, toutes les modifications de l'utricule primordiale, depuis sa naissance jusqu'au moment où elle prend, avec le nom d'embryon, les formes caractéristiques que ce nom rappelle. Dès avant la fécondation, elle a fait de sensibles progrès. Qu'elle soit une dépression de la cinquième enveloppe de l'ovule, c'est une façon de voir à laquelle nous n'avons garde d'adhérer. La raison en est simple : cette cin-

---

(1) Voy. *Recherches sur la génération et le développement de l'embryon dans les végét. phan.*; p. 92 et 93.

quième enveloppe, que M. Ad. Brongniart nomme sac embryonnaire, et que nous appelons quintine, manque dans les Graminées, ainsi que dans beaucoup d'autres plantes. Que serait donc la vessie membraneuse, sujet de cette discussion, si elle n'était une utricule? L'épithète de primordiale, par laquelle nous la distinguons des autres, nous semble d'autant mieux choisie qu'elle s'applique à une utricule dont l'office spécial est de commencer l'embryon, et qu'en outre, elle résume de la manière la plus brève et la plus nette, toute la théorie de l'unité organique de ces innombrables utricules de formes si variées, qui constituent le tissu végétal, et qu'on désigne généralement sous le nom d'*organes élémentaires*.

» *Sixième période.* — Immédiatement après sa naissance, l'utricule primordiale ne contenait quoi que ce fût qui troublât sa transparence. Maintenant nous apercevons très bien, sous sa fine membrane, un cambium que nous qualifierons de *globulo-cellulaire*, attendu qu'il se compose de globules dans chacun desquels il y a une petite cavité centrale. Au premier abord, le cambium échappe à la vue; la cavité seule paraît. Celle-ci, limitée à sa circonférence par un cercle noir, éclairée à son centre par un point lumineux, imite, à s'y méprendre, des granules opaques. Voilà ce qui a fait croire à la présence de granules, qui, dit-on, sont la quote-part que l'organe femelle apporte dans la composition du nouvel être (1). Le fréquent emploi du microscope nous a appris depuis long-temps à éviter les erreurs qui peuvent naître de pareilles illusions d'optique, dont naguère la cause et le correctif ont été très bien expliqués par M. Dujardin, dans son beau travail sur les animaux infusoires.

» Le cambium globulo-cellulaire se transforme bientôt en une masse de tissu membraneux, continu, qui se moule dans le creux de l'utricule primordiale et de son suspenseur, lequel s'élargit et s'allonge sensiblement. Toutefois il n'y a que la partie supérieure de cet appendice tubulé qui se remplisse de tissu cellulaire.

» *Septième période.* — Personne ne mettra en doute que le corps formé par la réunion de l'utricule primordiale et du tissu cellulaire né dans sa cavité, ne soit l'embryon. Il ressemble maintenant à une petite massue. Sa portion la plus épaisse s'élargit et s'allonge en fer de lance à pointe mousse. C'est la lame de la feuille séminale (*Hypoblaste*, A. Richard, *Carnode*, H. de Cassini). Sa face inférieure regarde l'intérieur de l'ovule;

---

(1) Voyez *Recherches sur la génération et le développement de l'embryon dans les végétaux phanérogames*, par M. Ad. Brongniart, pages 93, 117 et suivantes.

sa face supérieure l'axe de l'épi. A sa base est la radicule terminée par un boyau vide, flasque, lacéré, dernier vestige du suspenseur qui ne tardera pas à disparaître. Sur la face supérieure de la lame, immédiatement au-dessus du point où celle-ci s'unit à la radicule, se forme un renflement qui n'est autre que le commencement de la plumule. Il s'élargit, se creuse en capuchon, et l'on voit alors, dans sa cavité, les premiers rudiments de feuilles caulinaires. Les bords du capuchon se rapprochent peu à peu, se joignent, et forment une sorte de poche (*Cotylédon*, A. Richard et H. de Cassini) dont l'un de nous, il y a trente ans passés, faute de s'être rendu un compte exact des modifications qu'amènent les développements, a pris pour deux organes spéciaux qu'il a nommés coléoptile et piléole.

» En ces derniers temps, M. Schleiden a imaginé que la poche en question représentait la ligule de la feuille cotylédonnaire, hypothèse séduisante au premier aperçu, mais qui perd tout crédit sitôt que la germination commence. En effet, la tige qui prend toujours naissance immédiatement au-dessus du point d'attache de la feuille cotylédonnaire, venant à s'allonger, ainsi qu'on le voit dans la généralité des espèces, emporte avec elle la poche qui la surmonte, et, dès-lors, on obtient la preuve que cet organe n'a rien de commun avec la ligule (1).

» Il semble que tous les phytologistes qui se sont livrés depuis près d'un demi-siècle à l'étude de l'embryogénie des Graminées, aient pris à tâche de ne trouver que des anomalies. En étudiant de nouveau les faits, sans préoccupation des anciennes idées et en les comparant entre eux, nous nous sommes convaincus que tous rentrent dans la loi générale. Les feuilles des Graminées, comme on sait, partent alternativement et à hauteurs différentes de deux côtés opposés de la tige. Or, les trois appendices ou processiles embryonnaires, savoir : la feuille cotylédonnaire déjà mentionnée, le lobule (*épiblaste*, Cl. Richard), petite excroissance charnue et de formes variées, qui ne se montre pas dans le Maïs, mais qui est très visible dans une multitude d'espèces de la famille; et la poche, qui de même que la feuille cotylédonnaire, ne manque jamais, sont disposés sur l'axe, précisément comme les feuilles, lesquelles ne font, à notre avis, que continuer l'ordre symétrique existant dans l'embryon. Ceci démontre que les trois processiles embryonnaires sont les premières feuilles de la plante, modifiées par les circonstances qui ont accompagné leur développement.

---

(1) Voyez *Éléments de Physiologie végétale et de Botanique*, par M. de Mirbel, pl. LVIII, fig. 36, *d*; et l'*Explication*, tome II. Paris, 1815.

» Ici se termine ce que nous avions à dire touchant la formation de l'embryon du Maïs. Ajouter à ce qui précède serait répéter ce que savent tous les phytologistes. Mais on nous demandera peut-être si ce type que nous avons choisi, et dont nous avons fait l'objet d'une étude approfondie, suffit pour nous éclairer sur l'embryogénie des Graminées, considérées dans leur ensemble. Sans attendre que cette question nous soit adressée, nous allons y répondre. Parmi les plantes examinées par nous, il en est douze qui appartiennent à la famille des Graminées. Ces espèces ont été prises au hasard. D'abord notre attention s'est portée uniquement sur le Maïs. Les recherches ont été bien plus longues et plus pénibles qu'on ne saurait le croire. Il y a eu beaucoup de tâtonnements, de mécomptes, d'erreurs. Nombre de fois les mêmes observations ont été répétées. Nous ne nous sommes arrêtés que quand nous avons reconnu l'impossibilité d'aller plus loin ou d'imaginer un doute. Mais cette tâche achevée, nous n'avons pas tardé à constater, qu'à cela près de quelques légères modifications que nous n'avions pu deviner, et qui n'importent guère, nous savions bien mieux la formation embryonnaire des Graminées par l'étude opiniâtre du Maïs, que si nous eussions partagé également une quantité triple de temps et d'attention entre vingt espèces de la famille.

» Nous ne croyons pas, néanmoins, devoir passer sous silence certaines modifications. Elles sont bonnes à citer, ne fût-ce que pour justifier ce que nous venons de dire.

» A sa naissance, l'ovule des Graminées, sans aucune exception, est attaché au fond de la cavité de l'ovaire. Pour le *Zea Maïs*, l'*Euchlæna mexicana*, le *Coix Lacryma*, le *Tripsacum hermaphroditum*, etc., l'âge ne change point cette disposition. Le contraire a lieu dans le *Sorghum vulgare*, le *Melica nutans*, etc. L'action de la végétation déplace graduellement l'attache ovulaire de telle sorte, qu'après un certain temps, l'ovule se trouve fixé à la portion interne de la paroi de l'ovaire qui correspond à sa face antérieure.

» Quand, dans le Maïs et l'*Euchlæna*, le sommet de l'ovule s'est incliné et est allé rejoindre sa base, la primine recouvre complétement la secondine. Vers la même époque, la portion des deux enveloppes qui correspond à l'orifice de l'ovaire, se prolonge en deux pointes creuses, dont l'une sert d'étui à l'autre. Rien de semblable n'a été vu dans le *Sorghum vulgare*; les deux pointes n'y existent pas, et la primine, découpée en calotte, ne recouvre que la partie inférieure de la secondine.

» La seule différence que nous apercevions entre l'utricule primordiale

du Maïs et celle du *Sorghum,* est, que la première est ovoïde, et l'autre pyriforme. Encore faut-il convenir que ces caractères distinctifs s'atténuent souvent à ce point qu'on n'oserait s'y fier.

» L'utricule primordiale de l'*Euchlæna* diffère davantage de celle du Maïs, que celle du *Sorghum.* Elle imite un cône un peu courbé, dont la base serait arrondie; et le suspenseur qui, dans le *Sorghum* et le Maïs, part de la base de l'utricule et s'allonge dans la direction de l'axe, pour arriver à l'exostome, part ici du côté de l'utricule, un peu au-dessus de sa base, et s'allonge vers l'exostome en suivant une direction oblique.

» Nous ne trouverions aucun caractère distinctif entre l'utricule primordiale de l'*Euchlæna* et celle du *Tripsacum,* si cette dernière nous eût offert, comme les espèces précédentes, une grappe de petites utricules pyriformes. Nous devons même convenir que, malgré nos dessins qui témoignent contre la présence de cette grappe, nous ne sommes pas exempts de doute.

» Enfin, l'utricule primordiale du *Coix* est, à notre connaissance, la seule qui, dans les Graminées, présente un caractère distinctif bien tranché. Au lieu d'être simple, elle est composée de plusieurs utricules groupées ensemble. Il ne nous a pas été loisible, jusqu'à présent, de la prendre à sa naissance et de la suivre dans ses développements.

» Nul doute qu'en passant en revue un plus grand nombre de Graminées, on ne découvrît encore quelques autres modifications, et que ce travail n'eût une certaine utilité scientifique. Mais nous ne cesserons de répéter que quand on se propose pour but de ses recherches, la découverte des hautes généralités de l'organogénie végétale, le procédé le plus sûr et le plus expéditif pour y arriver, est de porter toute la puissance de son attention sur un très petit nombre d'espèces choisies avec discernement dans les groupes naturels. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Méthode générale propre à fournir les équations de condition relatives aux limites des corps dans les problèmes de physique mathématique; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« La question que je vais traiter ici, est, comme l'on sait, de la plus haute importance, puisque la solution des problèmes de physique mathématique dépend surtout des équations relatives aux limites des corps considérés comme des systèmes de molécules. Toutefois, malgré les nombreux travaux des géomètres sur la physique et la mécanique, il n'existe point de

méthode générale propre à conduire au but dont il s'agit. Il y a plus, dans les divers cas particuliers qui ont été traités jusqu'à ce jour, on se bornait ordinairement à faire des hypothèses plus ou moins vraisemblables sur la forme des équations aux limites, sans chercher à déduire ces mêmes équations de méthodes rigoureuses. C'est ainsi que, dans la théorie des liquides, des corps élastiques, etc., on supposait, sans le démontrer, les pressions intérieure et extérieure égales entre elles à de petites distances des surfaces qui terminaient ces corps ou ces liquides; et il ne me conviendrait nullement d'en faire un reproche aux savants géomètres qui ont traité ces matières, puisque j'en ai agi de même dans plusieurs des articles que renferment mes Exercices de mathématiques. Toutefois on doit avouer que de semblables hypothèses n'offrent rien de satisfaisant à l'esprit; et c'est ce qui m'avait engagé, dans un mémoire, lithographié en 1836, sur la théorie de la lumière, à proposer quelques théorèmes qui pussent servir à trouver, dans certains cas, les équations aux limites. Mais, quoique ces théorèmes m'aient effectivement fourni les conditions relatives à la surface de séparation de deux milieux isophanes, il n'était pas toujours facile de les appliquer, et ils laissaient à désirer une méthode générale et régulière, qui pût embrasser les divers problèmes de la physique moléculaire. Ayant réfléchi long-temps sur cet objet, j'ai été assez heureux pour obtenir enfin cette méthode générale, dont je vais poser les bases. Le principe fondamental, sur lequel je m'appuie, a l'avantage d'être à la fois très fécond et très facile à comprendre; il repose sur les considérations suivantes.

» Considérons un système d'équations différentielles entre plusieurs variables principales et une seule variable indépendante qui sera, si l'on veut, une coordonnée mesurée perpendiculairement à un plan fixe; et supposons que ces équations, conservant toujours la même forme d'un côté donné du plan fixe et à une distance finie, changent très rapidement de forme dans le voisinage de ce même plan. Supposons d'ailleurs qu'on les intègre d'abord, sans tenir compte du changement de forme. Si l'on nomme n le nombre des variables principales que ces équations renferment, quand elles sont toutes réduites au premier ordre, leurs intégrales générales pourront être représentées par un système de n équations finies, dont les premiers membres renfermeront seulement la variable indépendante et les variables principales, tandis que les constantes arbitraires qui pourront être censées représenter des valeurs particulières des variables principales, savoir, les valeurs correspondantes au plan fixe, seront relé-

guées dans les seconds membres. Nous appellerons les intégrales de cette forme *intégrales principales*, et leurs premiers membres *fonctions principales*. Cela posé, si, dans la dérivée totale de chaque fonction principale, on substitue à la dérivée de chaque variable principale sa valeur tirée des équations différentielles données, sans avoir égard au changement de forme de ces équations dans le voisinage du plan fixe, on obtiendra une fonction de toutes les variables, qui restera identiquement égale à zéro, quelles que soient les valeurs de ces variables. Donc, si l'on a égard au changement de forme des équations différentielles, le résultat de la substitution sera lui-même sensiblement égal à zéro, à une distance finie du plan fixe, pourvu toutefois que dans la différentielle totale de la fonction principale, les différentielles des diverses variables principales ne se trouvent pas multipliées par des coefficients qui croissent très rapidement avec la distance au plan fixe. Ce dernier cas excepté, la différence finie de la fonction principale, c'est-à-dire la différence entre sa valeur correspondante à un point quelconque, et sa valeur correspondante au plan fixe, sera une intégrale définie du genre de celles que j'ai nommées *intégrales définies singulières ;* par conséquent une intégrale définie, prise entre deux limites très voisines, savoir entre une valeur nulle et une valeur très petite de la coordonnée que l'on considère. Si le produit de cette valeur très petite par le module *maximum* de la fonction sous le signe $\int$ est très peu considérable, l'intégrale singulière pourra être négligée sans erreur sensible; et par suite, les intégrales principales qu'on avait obtenues, en faisant abstraction du changement de forme des équations différentielles, ou du moins celles des intégrales principales, pour lesquelles la condition énoncée sera remplie, continueront de subsister quand on aura égard au changement de forme des équations dont il s'agit.

» Au reste il n'est nullement nécessaire que la variable indépendante dont nous avons parlé soit une coordonnée rectiligne; elle pourrait être une coordonnée polaire, ou plus généralement une coordonnée de nature quelconque, par exemple, un paramètre variable d'une surface courbe dont l'une des formes serait celle de la surface extérieure qui termine un corps donné ou un système de molécules.

» Nous exposerons, dans plusieurs articles successifs, les innombrables conséquences qui se déduisent du principe ci-dessus énoncé. Nous ferons voir comment ce principe, établi pour un système d'équations différentielles, peut être étendu à un système d'équations aux différences partielles ou aux différences mêlées. Nous considérerons en particulier le cas où les

équations données sont linéaires. Dès-lors il deviendra facile d'appliquer le principe dont il s'agit à la théorie des mouvements vibratoires, infiniment petits, d'un corps ou d'un système de molécules, par conséquent à la théorie de la lumière, des surfaces vibrantes, des corps élastiques, etc. Enfin nous verrons comment il arrive que certains mouvements simples sont ou ne sont pas propres à passer d'un corps dans un autre corps, suivant que les équations aux limites peuvent être vérifiées simultanément ou ne peuvent l'être; et nous obtiendrons ainsi de nouvelles conditions relatives à la possibilité de la transmission d'un mouvement vibratoire passant d'un milieu donné dans un autre milieu.

Démonstration du principe fondamental.

» Considérons un système d'équations différentielles réduites au premier ordre et à la forme

$$\frac{d\xi}{dx} = X, \quad \frac{d\eta}{dx} = Y, \quad \frac{d\zeta}{dx} = Z, \ldots \tag{1}$$

x désignant une variable indépendante, qui sera, si l'on veut, une coordonnée comptée à partir d'un plan fixe, ξ, η, ζ, ... étant les variables principales, et X, Y, Z, ... des fonctions données de toutes les variables

$$x, \xi, \eta, \zeta \ldots$$

Soient

$$\xi_0, \eta_0, \zeta_0 \ldots$$

les valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta \ldots$$

correspondantes au plan fixe, pour lequel on a $x = 0$; enfin, soit

$$S = S_0, \tag{2}$$

une intégrale principale du système des équations (1), S désignant une certaine fonction des seules quantités $x, \xi, \eta, \zeta, \ldots$ et S_0, ce que devient S quand on y remplace respectivement $x, \xi, \eta, \zeta, \ldots$ par $0, \xi_0, \eta_0, \zeta_0, \ldots$ De l'équation (2) différentiée et combinée avec les formules (1), on tirera la suivante

$$\frac{dS}{dx} + \frac{dS}{d\xi}X + \frac{dS}{d\eta}Y + \frac{dS}{d\zeta}Z + \ldots = 0, \tag{3}$$

dont le premier membre, considéré comme une fonction de $x, \xi, \eta, \zeta, \ldots$ devra être identiquement égal à zéro, ainsi qu'il est facile de le prouver (Voir le *Mémoire sur l'intégration des Équations différentielles*, lithographié en 1835).

» Supposons maintenant que, dans le voisinage du plan fixe, les équations (1) changent de forme et deviennent

$$(4)\qquad \frac{d\xi}{dx}=\mathrm{X}+\mathfrak{X},\quad \frac{d\eta}{dx}=\mathrm{Y}+\mathfrak{Y},\quad \frac{d\zeta}{dx}=\mathrm{Z}+\mathfrak{Z},\ \text{etc.}$$

$\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$,... désignant des fonctions de x, ξ, η, ζ... qui s'évanouissent sensiblement à une distance finie du plan fixe. Les valeurs de ξ, η, ζ,... déterminées par le système des formules (4), continueront de vérifier l'équation (3), puisque celle-ci est identique, et fourniront pour $d\mathrm{S}$ la valeur suivante

$$d\mathrm{S}=\left[\frac{d\mathrm{S}}{dx}+\frac{d\mathrm{S}}{d\xi}(\mathrm{X}+\mathfrak{X})+\frac{d\mathrm{S}}{d\eta}(\mathrm{Y}+\mathfrak{Y})+\frac{d\mathrm{S}}{d\zeta}(\mathrm{Z}+\mathfrak{Z})+\ldots\right]dx,$$

laquelle, en vertu de l'équation (3), se réduira simplement à

$$d\mathrm{S}=\left(\frac{d\mathrm{S}}{d\xi}\mathfrak{X}+\frac{d\mathrm{S}}{d\eta}\mathfrak{Y}+\frac{d\mathrm{S}}{d\zeta}\mathfrak{Z}+\ldots\right)dx;$$

de sorte, qu'en posant pour abréger

$$(5)\qquad \mathfrak{s}=\frac{d\mathrm{S}}{d\xi}\mathfrak{X}+\frac{d\mathrm{S}}{d\eta}\mathfrak{Y}+\frac{d\mathrm{S}}{d\zeta}\mathfrak{Z}+\text{etc.},$$

on aura

$$(6)\qquad d\mathrm{S}=\mathfrak{s}\,dx,$$

et par suite

$$(7)\qquad \mathrm{S}-\mathrm{S}^{\circ}=\int_{0}^{x}\mathfrak{s}\,dx.$$

Or $\mathfrak{s}$, aussi bien que $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$,... s'évanouira sensiblement à une distance finie du plan fixe, si les coefficients de $d\xi$, $d\eta$, $d\zeta$... dans la différentielle totale de S, c'est-à-dire, les coefficients différentiels

$$(8)\qquad \frac{d\mathrm{S}}{d\xi},\quad \frac{d\mathrm{S}}{d\eta},\quad \frac{d\mathrm{S}}{d\zeta},\ldots$$

ne croissent pas très rapidement avec la coordonnée x ou la distance au plan fixe. Ce cas excepté, si l'on admet que $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$,... n'acquièrent de valeurs sensibles, du côté des x positives, qu'entre les limites

$$x=0,\qquad x=\varepsilon,$$

$\mathfrak{s}$ lui-même n'aura de valeur sensible qu'entre ces limites, et le second membre de l'équation (1) pourra être réduit à l'intégrale définie singulière

$$(9)\qquad \int_{0}^{\varepsilon}\mathfrak{s}\,dx.$$

Au reste, pour que cette réduction ait lieu, il n'est pas absolument nécessaire que les coefficients (8) acquièrent des valeurs finies à une distance finie du plan fixe; mais il suffira, par exemple, qu'à une semblable distance les produits respectifs de ces coefficients par $\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z}, \ldots$ et par une puissance de x dont l'exposant surpasse de très peu l'unité, conservent des valeurs finies. D'ailleurs, dans tous les cas où la réduction énoncée pourra s'effectuer, la formule (7) donnera sensiblement

(10) $$S = S_0 + \int_0^\varepsilon s\,dx.$$

Enfin, si la multiplication de ε par la plus grande des valeurs que S peut acquérir entre les limites $x = 0$, $x = \varepsilon$, fournit un produit sensiblement nul, ou, en d'autres termes, si la valeur *maximum* du produit

(11) $$\varepsilon S$$

est très petite relativement à la valeur de S_0, la formule (10) pourra, sans erreur sensible, être réduite à

(12) $$S = S_0.$$

Donc, *parmi les intégrales générales et principales des équations* (1), *toutes celles pour lesquelles les deux espèces de conditions ci-dessus énoncées seront remplies, continueront de subsister, quand on passera des équations* (1) *aux équations* (3), c'est-à-dire quand les équations différentielles qui détermineront les variables principales $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ pourront être présentées sous la forme (1) à une distance finie du plan fixe, et changeront rapidement de forme dans le voisinage de ce plan. »

M. Savigny adresse un nouveau recueil de ses Observations relatives aux phénomènes lumineux dont ses yeux sont le siége. M. le Secrétaire est chargé de faire un extrait de ces Observations, qui sera inséré dans un prochain numéro du *Compte rendu*.

M. Magendie dépose sur le bureau le Mémoire de M. *Fabre*, sur la *Méningite tuberculeuse*; Mémoire que l'on croyait égaré, et qui a concouru, en 1835, pour les prix Montyon.

RAPPORTS.

Rapport sur des Observations concernant le lait des vaches affectées de la maladie vulgairement appelée la cocote, *présentées à l'Académie par M. le docteur* **Al. Donné**; *suivi de considérations générales relatives à la recherche des matières actives sur l'économie animale qui peuvent se trouver dans les produits morbides, l'atmosphère et les eaux.*

(Commissaires, les membres de la section de Chimie et M. Turpin, M. Chevreul rapporteur.)

Introduction.

« L'épizootie qui, sous le nom de *cocote*, a frappé la plupart des vaches de Paris et un grand nombre de celles de la banlieue, a été pour M. Donné une occasion d'examiner l'influence de cette maladie sur plusieurs des propriétés du lait, et particulièrement sur celles qu'il présente lorsqu'on l'observe au microscope. On appréciera mieux l'intérêt qui s'attache aux observations de l'auteur lorsque nous aurons rappelé celles qu'il a consignées dans une brochure publiée en 1837 sous le titre: *Du Lait, et en particulier de celui des nourrices, considéré sous le rapport de ses bonnes et de ses mauvaises qualités nutritives, et de ses altérations.*

» M. Donné reconnaît, avec Leuwenhoëck et tous ceux qui depuis cet observateur ont soumis le lait au microscope, que ce liquide est composé de deux parties distinctes : 1° d'eau tenant en solution différents corps; 2° de globules qui, en suspension dans cette eau, lui donnent l'aspect laiteux. Mais M. Donné n'admet que des globules gras ou butyreux, tandis que Leuwenhoëck y admet encore des globules d'une autre nature. M. Donné fonde son opinion sur les expériences suivantes :

» 1°. Le lait filtré laisse sur le papier des globules butyreux solubles dans l'éther, et le liquide aqueux filtré est transparent;

» 2°. Lorsqu'on traite le lait sur le porte-objet du microscope par de l'éther, on voit les globules se dissoudre dans ce dernier.

» M. Donné n'admet dans le lait à l'état normal que des globules sphériques butyreux d'un diamètre variable de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{100}$ de millimètre, et même au-delà. A leur caractère chimique d'être solubles dans l'éther, il faut ajouter celui de ne se dissoudre dans la potasse qu'après avoir été saponifiés.

» M. Donné, d'accord avec M. Dujardin, et en opposition avec M. Raspail et M. Turpin, ne reconnaît aucune apparence de structure organique à ces globules; il ne les considère donc point comme formés d'une membrane ou d'un tissu cellulaire renfermant la matière butyreuse, mais bien comme de petits sphéroïdes résultant de particules butyreuses réunies par la force de cohésion.

» Le lait de femme qui se montre immédiatement après l'accouchement est assez distinct du lait normal, c'est-à-dire de ce qu'est celui d'une bonne nourrice, à partir du second mois après l'accouchement, pour qu'on l'ait distingué de ce dernier par la dénomination de *colostrum*. L'examen microscopique justifie pleinement cette distinction. En effet, le lait normal ne présente à cet examen que des globules isolés, se mouvant au sein d'un liquide clair, par la moindre agitation, tandis que M. Donné a observé dans le colostrum jusqu'à quatre sortes de matières globuleuses :

» 1°. Des *globules butyreux* isolés comme le sont ceux du lait normal;

» 2°. De petits *globules butyreux* liés entre eux par une matière visqueuse;

» 3°. Des *globules muriformes*, c'est-à-dire des agglomérations globuleuses ayant la forme du fruit du mûrier;

» 4°. Des *globules muqueux* semblables à ceux du mucus de la bouche, des narines, etc.

» Enfin, M. Donné s'est assuré que l'ammoniaque mêlée au lait n'en change pas la consistance, tandis que son mélange avec le colostrum donne lieu à un liquide visqueux, qui peut même se prendre en gelée. L'intensité du phénomène lui a semblé correspondre à la quantité des globules non butyreux. Nous reviendrons plus bas sur cette observation.

» Il a vu que le colostrum jouit de la réaction alcaline sur le papier rouge de tournesol, aussi bien que le lait normal de femme auquel déjà M. Payen avait reconnu cette propriété. Suivant M. Donné, le colostrum passe peu à peu à l'état de lait normal dans les organes mammaires.

» Quoiqu'il y ait des différences entre le colostrum et le lait normal chez la chèvre et l'ânesse, cependant elles sont loin d'être aussi prononcées que les différences que nous venons de signaler entre le colostrum et le lait normal de la femme. Et un fait notable, c'est qu'un colostrum d'ânesse qui contenait des globules agglomérés et des globules muqueux, n'éprouvait pas de changement dans sa liquidité lorsqu'on y ajoutait de l'ammoniaque.

» M. Donné a trouvé dans le lait d'une nourrice, dont le sein droit

était engorgé, des globules agglomérés, des globules muqueux comme dans le colostrum, et il a constaté que, comme ce dernier, il se prenait en gelée par l'addition de l'ammoniaque. Enfin, il a reconnu dans du lait de femme l'existence des globules du pus, lesquels se distinguent des globules butyreux par leur insolubilité dans l'éther et leur solubilité instantanée dans les alcalis. La viscosité que ce lait prenait par son mélange avec ces derniers corps, n'avait rien de surprenant, puisque Grasmeyer a donné cette propriété comme un des caractères distinctifs du pus.

» Les figures des globules du lait normal, des globules agglomérés, des globules muriformes, des globules muqueux et des globules purulents que M. Donné a jointes à sa brochure, comparées avec les globules qu'on aura observés au microscope dans des échantillons de lait, seront un moyen de reconnaître si ceux-ci sont à l'état normal; et il y a plus, suivant lui, c'est que si ces échantillons proviennent d'une même espèce d'animal, on pourra juger de leur qualité nutritive respective par la proportion des globules normaux, par la raison que l'analyse chimique semble indiquer que, dans les échantillons divers de lait d'une même espèce d'animal, les principes immédiats, tels que le caséum, le sucre de lait, sont proportionnels aux globules butyreux (1).

» Enfin, plusieurs observations ont conduit M. Donné à penser qu'il y a un rapport entre la santé du nourrisson et la matière globuleuse que le microscope fait découvrir dans le lait, de sorte que le lait d'une nourrice qui présente dans le second mois après l'accouchement les globules étrangers à la constitution du lait normal, compromet la santé de l'enfant auquel il est donné.

» Le travail que nous venons de résumer explique bien comment M. Donné a été naturellement conduit à faire sur le lait des vaches attaquées de la *cocote*, les observations qu'il a consignées dans une Note que l'Académie nous a renvoyée en même temps qu'elle nous a chargés d'*examiner s'il ne conviendrait pas de provoquer des recherches sur l'épizootie régnante et sur les effets qui peuvent résulter de l'usage du lait des vaches malades*. C'est afin de remplir autant qu'il est en notre pouvoir cette mission de l'Académie, que nous allons l'entretenir.

---

(1) Ce résultat, déduit de plusieurs analyses chimiques sur lesquelles M. Donné fonde son opinion, est contredit par M. Simon, auteur de nouvelles recherches sur le lait, publiées à Berlin, en 1838.

» § 1er. *De la note de M. Donné, sur le lait des vaches attaquées de la* cocote.

» § 2. *Des recherches que nous avons faites et de celles qui sont parvenues à notre connaissance sur ce sujet.*

» § 3. *Des effets qui peuvent résulter de l'usage du lait des vaches malades.*

» § 4. *Des recherches qu'il conviendrait d'entreprendre, afin que la Chimie pût donner toutes les lumières qu'on peut espérer d'elle dans les cas d'épizootie, d'épidémie et de maladies contagieuses*, etc., etc.

§ Ier. — *Examen de la note de M. Donné sur le lait des vaches attaquées de la* cocote.

» Cette note n'ayant point été lue ni imprimée dans le *Compte rendu des séances de l'Académie*, nous allons en présenter l'extrait.

» *Observations.*— Au premier jour de la maladie le lait ne diffère pas du lait normal, lorsqu'on l'observe au microscope; mais du jour suivant, on y aperçoit des globules butyreux agglomérés, et le troisième, M. Donné y a reconnu les quatre sortes de globules du colostrum de la femme, ainsi que la propriété de devenir visqueux par l'ammoniaque. Enfin il lui a semblé que le lait, en s'altérant, perdait de plus en plus de son alcalinité au papier rouge de tournesol, du moins c'est ce qu'il a observé sur le lait d'une même vache.

» Le lait d'une autre vache lui a présenté, au bout de sept jours de maladie, une forte proportion de globules agglomérés, de globules muriformes et de globules muqueux; ce lait, fortement alcalin, devenait, par son mélange avec l'ammoniaque, visqueux et filant. Au dixième jour, un des trayons fut engorgé et atteint de l'affection que les nourrisseurs nomment le *cru;* le lait qu'on en tira était verdâtre, excessivement fétide, et nous ferons remarquer que l'odeur sulfurée qu'il exhalait, participait de celle des acides du beurre et de celle des acides développés par la putréfaction des matières azotées. M. Donné reconnut dans ce lait la présence des globules purulents; mais, fait remarquable, le lait extrait des autres trayons que le *cru* n'avait pas affectés, était blanc et sans mauvaise odeur; cependant il était altéré, car il contenait quelques grumeaux; le microscope y faisait découvrir non-seulement les globules du colostrum, mais encore des globules purulents; l'ammoniaque l'épaississait en gelée, enfin il rougissait le papier de tournesol.

» *Conséquences.* — M. Donné a conclu de ces observations, 1° qu'au moyen du microscope il est facile de distinguer le lait des vaches atteintes

de la *cocote* du lait normal, puisque le premier renferme des globules fort différents des globules butyreux sphériques isolés, qui caractérisent le second;

» 2°. Qu'il y a la plus grande analogie entre les globules du colostrum et les globules du lait des vaches atteintes de la *cocote;*

» 3°. Que les laits extraits des différents trayons d'une même vache attaquée de la *cocote*, peuvent être fort différents, si les glandes qui sécrètent le lait sont dans un des trayons sous l'influence d'une affection locale.

» L'examen microscopique des deux échantillons de lait présentés à l'Académie par M. Donné, à l'appui de sa Note, répété par plusieurs membres de la Commission, et en particulier par M. Turpin, nous a convaincus qu'il y avait des différences extrêmes entre ces échantillons et le lait normal, et qu'en outre, ils en différaient par la propriété de s'épaissir et même de se prendre en gelée par l'ammoniaque, conformément aux observations de l'auteur de la Note.

§ 2. — *Des recherches de la Commission et de celles qui sont parvenues à sa connaissance relativement à la nature chimique du lait des vaches attaquées de la* cocote.

» Le 16 et le 19 janvier, nous nous rendîmes à l'abattoir de Montmartre où M. Bizet, inspecteur des abattoirs de la ville de Paris, nous donna les moyens d'examiner le lait des vaches attaquées de la *cocote*, avec une obligeance que nous nous plaisons à reconnaître. A cette époque, l'épizootie touchant à sa fin, nous ne pûmes observer que quelques animaux malades, dont le lait recueilli par nous, fut ensuite soumis à nos expériences.

» Nous avons examiné huit échantillons de lait provenant de huit vaches affectées de la cocote : cinq d'entre eux avaient été traits sous nos yeux, et les trois autres nous étaient parvenus de la ferme-modèle de Grignon, par l'intermédiaire de M. Huzard fils.

» Deux échantillons exceptés, qui répandaient l'odeur fortement fétide signalée plus haut, les autres pouvaient passer pour être inodores, ou presque inodores : ceux-ci étaient alcalins au papier rouge de tournesol, mais à des degrés différents.

» Les huit échantillons s'épaississaient plus ou moins par l'addition de l'ammoniaque.

» Quatre des échantillons non fétides entraient en ébullition sans se troubler et sans exhaler d'odeur, si ce n'est l'arome léger de la frangipane ;

deux autres, pareillement non fétides, se troublaient un peu avant de bouillir, et en répandant cette odeur légèrement sulfurée qui est un des caractères du liquide albumineux exposé à la chaleur.

» L'examen microscopique des huit échantillons de lait y a fait reconnaître la présence de globules agglomérés, de globules muriformes, d'un jaune verdâtre, de globules muqueux, et dans quelques échantillons de globules du pus. Conséquemment, ces huit échantillons étaient bien distincts au microscope du lait normal, conformément à la proposition de M. Donné. Enfin, nous avons observé trois cas analogues à celui qu'il a signalé à l'Académie, relativement à la différence qui peut exister entre deux échantillons d'un lait fournis par la même mamelle d'une vache, mais fournis par des trayons dont l'un est engorgé et l'autre est sain en apparence : le premier échantillon est fétide, tandis que le second est inodore; mais celui-ci contient pourtant plusieurs sortes de globules, et il s'épaissit par l'ammoniaque.

» Deux causes se sont opposées à ce que la Commission se livrât à des *recherches approfondies* sur le lait des vaches atteintes de la *cocote:* la première, purement accidentelle, a tenu à l'impossibilité où nous nous sommes trouvés de nous procurer des quantités suffisantes de ce lait, pour le soumettre à des recherches de ce genre; car, ainsi que nous l'avons dit, lorsque la Commission a été nommée, l'épizootie touchait à sa fin, et ce n'est même pas sans peine qu'alors nous avons pu avoir les petites quantités de lait qui ont servi à nos observations; la seconde cause, sur laquelle nous reviendrons à la fin de ce rapport, § IV, tient aux difficultés inhérentes encore à l'analyse immédiate des matières organiques en général, et à celle du lait en particulier.

» Mais avant de donner nos conclusions sur les faits de ce paragraphe, nous exposerons plusieurs observations dont les unes sont particulières à un de nous, M. Robiquet, et les autres appartiennent à M. Lassaigne, qui, par sa position de professeur de Chimie à l'École vétérinaire d'Alfort, a pu suivre les modifications que l'épizootie a apportées aux propriétés chimiques du lait des vaches qui font partie du troupeau de cet établissement.

» M. Robiquet a examiné plusieurs échantillons de lait provenant de diverses vaches malades. Tous, dépourvus d'odeur fétide, étaient alcalins au papier rouge de tournesol et prenaient de la viscosité par l'ammoniaque, observations conformes à celles que la Commission a exposées plus haut. Mais M. Robiquet a de plus remarqué :

» 1°. Que l'acide acétique, qui, comme tout le monde sait, coagule le lait normal en en précipitant sur le caséum, ne produisait dans le lait morbide qu'un trouble à peine sensible ; ce fait conduit M. Robiquet à penser que le caséum de ce lait avait subi une altération qui pouvait provenir de l'influence des sels alcalins du sérum ;

» 2°. Que la matière qui donne au lait morbide la propriété de devenir visqueux par l'ammoniaque, est en suspension et non en dissolution ; car lorsque ce lait est bien filtré, il a perdu cette propriété, et s'il retenait en solution de l'albumine, comme les échantillons examinés par M. Robiquet qui provenaient d'une même vache, cette albumine se coagulerait par la chaleur. Cette observation est conforme à ce qu'avait avancé M. Donné relativement à la liaison de la propriété de s'épaissir par l'ammoniaque, avec l'abondance des globules dans le lait malade, c'est-à-dire avec l'abondance de corps qui ne sont point en dissolution.

» M. Lassaigne a pu multiplier assez ses observations et ses expériences sur les vaches malades du troupeau d'Alfort pour se convaincre de la difficulté de caractériser, au moyen des propriétés ou des réactions chimiques, les laits de ces vaches, par la raison qu'ils peuvent différer beaucoup entre eux ; il admet cependant comme caractère la viscosité que le lait morbide acquiert par l'ammoniaque.

» Voici, en résumé, ce que M. Lassaigne pense de l'influence que la *cocote* a exercée sur les vaches du troupeau d'Alfort, relativement à la sécrétion et à la nature du lait :

» La sécrétion du lait a été diminuée ; le lait était moins butyreux, plus aqueux ; il a paru plus alcalin lorsque l'épizootie avait le plus d'intensité, qu'au déclin de la maladie ; il renfermait de la matière butyreuse, du caséum, du sucre de lait, comme le lait normal.

» Enfin M. Lassaigne a examiné un lait fort remarquable, provenant d'une vache attaquée d'une maladie autre que la *cocote*. Ce lait, très alcalin, sortait trouble du pis de l'animal, et se réduisait bientôt en sérum albumineux et en une matière solide qui a paru à M. Lassaigne formée d'*albumine coagulée* et de *fibrine*.

» Après avoir exposé tous les faits de quelque importance qui sont parvenus à la connaissance de la Commission concernant la constitution du lait des vaches attaquées de la *cocote*, nous allons présenter en résumé les caractères du lait normal et ceux qu'on a donnés pour distinguer de celui-ci le lait des vaches affectées de cette maladie.

» 1°. Le lait normal est parfaitement liquide ; et s'il n'a pas été récem-

ment trait, il suffit de l'agiter pour qu'il prenne un aspect homogène, puisque les globules butyreux sont alors uniformément distribués dans le sérum;

» 2°. Le lait normal est parfaitement mobile dans ses parties, comme le serait un liquide dépourvu de viscosité;

» 3°. Lorsqu'on le regarde au microscope il ne présente que des globules sphériques d'une belle transparence, comme l'est celle du liquide aqueux au sein duquel ces globules se meuvent avec rapidité par la moindre impulsion;

» 4°. Le lait normal, loin de s'épaissir par l'ammoniaque, paraîtrait prendre plus de mobilité et perdre de son opacité;

» 5°. Exposé au feu il ne se coagule pas comme le fait l'albumine, et par la cuisson il n'exhale pas l'odeur sulfureuse prononcée qu'exhale cette dernière;

» 6°. L'odeur du lait normal n'est que très légère;

» 7°. Il est blanc, quelquefois nuancé de bleuâtre ou de jaunâtre;

» 8°. Nous parlerons plus bas, au § 4, de son action sur les papiers réactifs colorés.

» D'après ce qui précède il est évident que lorsqu'en étudiant, sous les rapports précédents, un lait naturel donné, on sera parvenu à constater des différences dans les propriétés que nous venons de reconnaître comme caractères du lait normal, on en conclura que le premier a subi l'influence d'une cause étrangère à l'état normal.

» 1°. *Défaut d'homogénéité.* — Il peut être assez prononcé pour qu'un lait, à sa sortie du pis, présente une matière solide, abondante, composée, suivant M. Lassaigne, d'albumine coagulée et de fibrine. Mais ce lait est rare et ne peut être considéré comme un produit essentiel de la *cocote,* puisque la vache qui l'a présenté pendant l'épizootie en donnait encore le 21 février, époque où depuis un mois il n'y avait plus de *cocote;* cependant nous ne disons pas que des vaches affectées de cette maladie ne puissent présenter une matière solide floconneuse ou fibrineuse, puisque trois échantillons de lait provenant de ces vaches en ont offert à notre examen.

» 2°. *Défaut de mobilité ou de fluidité.* — Il s'aperçoit très bien lorsqu'on presse une goutte de lait entre deux lames de verre pour le soumettre ensuite au microscope; il coule avec peine et ne s'étend pas à la manière d'un liquide homogène.

» 3°. *Présence de globules distincts des globules du lait normal.* — Les

globules agglutinés, les globules muriformes, les globules muqueux, les globules du pus distinguent parfaitement le lait où ils se trouvent du lait normal.

» 4°. *Épaississement par l'ammoniaque.* — Ce caractère, signalé par M. Donné, a été retrouvé dans tous les laits provenant de vaches décidément affectées de la *cocote*, par la Commission, par M. Robiquet, en particulier, et par M. Lassaigne.

» 5°. *Coagulation par la chaleur.* — La coagulation par la chaleur indiquée comme caractère du lait de vaches attaquées de la *cocote*, est tout-à-fait trompeur; car nous ne l'avons point observé dans des laits qui contenaient de la matière solide fibrineuse, qui manquaient de fluidité, qui renfermaient des globules étrangers au lait normal, enfin qui s'épaississaient beaucoup par l'ammoniaque. Nous avons constaté, en outre, qu'un lait morbide non coagulable par la chaleur ne donnait pas cette propriété au lait normal auquel on le mêlait.

» 6°. *Fétidité.* — Ce caractère, facile à constater, n'est point essentiel aux laits des vaches attaquées de la cocote, puisque le plus grand nombre des échantillons que nous avons examinés étaient inodores ou presque inodores.

» 7°. *Couleur.* — Une couleur jaune verdâtre, une couleur rougeâtre, annoncent un lait altéré ou mêlé de sang. Une couleur jaune franche peut appartenir à un sérum normal; dans ce cas, il ne se produit pas de dépôt coloré dans le lait abandonné à lui-même, ainsi que cela a lieu dans celui qui doit sa couleur à des globules sanguins.

» 8°. *Alcalinité.* — Ce caractère est décidément mauvais pour distinguer le lait morbide du lait normal, puisque nous avons constaté, d'après MM. Gay-Lussac, Darcet, Payen et Donné, l'alcalinité dans plusieurs échantillons de laits de vaches, de chèvres, de brebis à l'état normal, le 21 février, à l'école d'Alfort; fait sur lequel nous reviendrons.

» 9°. *Non-précipitation du lait en flocons opaques par l'acide acétique.* — Nous signalons ce caractère, observé par M. Robiquet sur plusieurs échantillons de lait morbide. La Commission regrette de n'avoir pas soumis tous les échantillons de lait qu'elle a examinés à ce genre d'épreuve.

» En définitive, si nous cherchons les caractères des laits provenant de vaches affectées de la cocote proprement dite, qui ont présenté des propriétés différentes de celle du lait normal, nous les trouvons *dans un défaut visible d'homogénéité, dans un défaut de mobilité ou de liquidité, dans l'épaississement par l'ammoniaque*, *c'est-à-dire dans trois propriétés*

dépendantes d'une ou de plusieurs matières contenues dans le lait morbide à l'état solide, et enfin dans la présence de globules qui ne se rencontrent pas dans le lait normal.

» Si l'on se rappelle maintenant, d'une part que la matière floconneuse ou fibrineuse que nous avons trouvée dans du lait de vaches affectées de la cocote était loin d'y être en une aussi forte proportion que celle des matières signalées par M. Lassaigne, sous les noms d'albumine coagulée et de fibrine dans le lait d'une vache atteinte d'une affection bien différente de la cocote, et d'une autre part que les globules du lait des vaches atteintes de la cocote, se retrouvent dans le colostrum et dans divers laits morbides, il est évident qu'on ne peut caractériser la *cocote* par une constitution chimique spécifique.

§ 3.—*Des effets qui peuvent résulter de l'usage du lait des vaches malades.*

» La maladie qui a frappé les vaches dans l'hiver de 1838 à 1839, à Paris et aux environs, se manifeste d'abord par un mouvement fébrile, et ensuite par des phlyctènes à la langue, aux gencives, au bourrelet et même aux pieds et aux mamelles; c'est ce dernier symptôme qui la fait appeler maladie *aphteuse*. Elle n'avait pas reparu aux environs de Paris depuis 1810 : elle n'a aucune gravité; elle n'exige que des soins hygiéniques et ne dure guère que huit jours, lorsqu'elle n'est pas compliquée de quelque autre affection. Ces renseignements nous ont été communiqués par M. Girard, d'Alfort. Quant à ceux que nous avons pris, relativement à l'influence que le lait des vaches attaquées de cette maladie, appelée vulgairement la *cocote*, a pu avoir sur la santé des personnes qui en ont usé et sur celle de différents animaux domestiques auxquels on en a donné, ils s'accordent tous sur ce point qu'il n'a eu aucune action nuisible, et nous devons ajouter que les recherches chimiques, précédemment exposées, sont conformes à un tel résultat. En effet, les globules signalés dans les laits morbides des vaches atteintes de la cocote, se trouvent dans le colostrum, et celui-ci n'a jamais passé pour être malfaisant, abstraction faite de la légère vertu purgative sur les nouveau-nés qu'on lui a attribuée. Il est évident encore que l'albumine liquide de quelques échantillons de lait morbide, et même la matière solide fibrineuse, n'ont par elles-mêmes aucune propriété délétère.

» Tout en considérant cet état de choses comme propre à rassurer le public dans le cas du retour de l'épizootie, cependant nous mettrons

quelques restrictions à l'interprétation trop absolue qu'on pourrait prêter à ce que nous venons de dire.

» M. Girard croit, non-seulement à la contagion de la maladie pour les vaches, les bêtes à laine et les porcs, mais il admet encore la possibilité de la transmission à l'homme d'une maladie *aphteuse*, par suite du contact des pustules de la vache ou du contact de la bave de cet animal malade avec la membrane muqueuse de la bouche, d'après les faits suivants. M. Lamberlichi, vétérinaire italien, annonça, dans un Mémoire adressé à la Société royale et centrale d'Agriculture, en 1827, que deux vachers, des environs de Milan, contractèrent des aphtes par le frottement des parties de la vache qui en étaient attaquées. « Enfin » dans la dernière épizootie, un des vachers de M. Debrosse, nourris- » seur à Neuilly, eut la langue et presque toute la bouche couverte » de petites pustules vésiculaires, par suite d'un flocon de bave, rejeté dans » la bouche du vacher par une vache malade à laquelle il administrait » un breuvage. » Mais il est bien entendu que tous ces effets sont attribués à d'autres liqueurs que le lait. Au reste, nous allons revenir sur la question de la recherche des miasmes et des virus, en même temps que nous examinerons la question que l'Académie nous a posée en ces termes: *Ne conviendrait-il pas de provoquer des recherches sur l'épizootie régnante?*

» Nous nous écarterions de l'esprit qui a institué l'Académie des Sciences, si, stricts observateurs des termes en lesquels la question précédente nous a été posée quelques jours seulement avant la terminaison de l'épizootie, nous déclarions maintenant que faute de temps, nous n'avons rien à dire relativement aux recherches qu'il conviendrait de provoquer pour connaître toutes les modifications que le lait peut recevoir d'une maladie qui a disparu. Loin de là, nous pensons qu'en envisageant la question non plus sous un point de vue particulier, mais d'une manière générale, en signalant ce qui manque aux connaissances actuelles en Chimie organique pour qu'on soit en mesure de traiter d'une manière utile et approfondie, dans un cas donné, une question du genre de celle qui nous a été proposée, nous allons droit au but de notre institution, qui est la connaissance de la vérité, et par conséquent la direction à donner aux efforts propres à l'amener dans l'avenir le plus prochain.

§ 4. — *Des recherches qu'il conviendrait d'entreprendre afin que la Chimie pût donner toutes les lumières qu'on peut espérer d'elle dans les cas d'épizootie, d'épidémie, de maladies contagieuses, etc.*

» Lorsque des épizooties, des maladies épidémiques ou contagieuses se déclarent, les pertes que les premières occasionent parmi les animaux dont nous faisons notre nourriture, ou que nous employons comme force motrice, la désolation que les autres portent dans les populations qu'elles frappent, le mystère encore si profond de la nature des influences qui se déclarent contre la vie des êtres menacés, sont autant de causes qui conduisent l'homme à chercher des lumières partout où il a le moindre espoir d'en trouver. C'est alors qu'on est souvent fort étonné que la Chimie ne réponde pas à une foule de renseignements qu'on lui demande, tant on comptait sur elle, tant on avait foi en ses moyens de pénétrer la nature des corps! Si cette science est aujourd'hui impuissante pour répondre à beaucoup de questions provoquées par l'apparition des fléaux dont nous parlons, il est bon d'en exposer les raisons et de faire voir ensuite ce qu'on peut attendre d'elle, lorsqu'on aura reculé les limites qui en resserrent actuellement le domaine:

» Les questions auxquelles la Chimie doit répondre concernent la nature de matières appartenant à deux classes fort distinctes:

» 1°. La nature des matières organiques constituant les animaux, telles que le sang, la bile, l'urine, le lait, etc., la chair musculaire, la matière cérébrale, etc., etc.;

» 2°. La nature des matières du monde extérieur en rapport avec les êtres organisés frappés par le fléau. Telles sont les eaux et surtout l'atmosphère, et ce qu'elle peut tenir en suspension.

ARTICLE 1er. — *Question concernant la nature des matières organiques.*

» La connaissance des désordres apportés dans l'économie animale par l'invasion d'une maladie, pour être scientifique, exige que le médecin définisse les symptômes de la maladie, que l'anatomiste pathologiste et physiologiste constate les lésions qu'elle peut avoir déterminées dans les organes des individus qui ont succombé; enfin, que le chimiste examine les solides, les liquides et les produits des excrétions, afin de constater les modifications qu'ils ont pu recevoir de la maladie. En conséquence, *il faut avoir des analyses immédiates de toutes ces matières prises à l'état normal*, afin qu'elles servent DE TERMES DE COMPARAISON, *pour les matières correspon-*

dantes prises dans les individus malades qu'on doit soumettre à des analyses analogues. Eh bien ! ces analyses destinées à servir de termes de comparaison, qui supposent la connaissance de procédés assez précis pour qu'on puisse non-seulement établir le dénombrement exact des principes immédiats constituant les solides, les liquides et les produits excrétés, mais encore les proportions respectives où ils s'y trouvent (car on conçoit qu'il y aura trouble où des principes essentiels à la vie seront dans des proportions différentes de celles qui sont nécessaires à l'état normal de l'être qu'ils constituent), *nous ne les possédons pas.* En effet, nous n'avons point encore réduit en formules précises des procédés propres à déterminer exactement la proportion des principes immédiats du sang, de l'urine, du lait, etc., etc. De sorte qu'un praticien parfaitement au courant des manipulations chimiques, manque de méthodes écrites pour faire l'analyse immédiate d'un échantillon d'une des matières précitées; en outre il y a encore beaucoup d'incertitudes sur les propriétés qui caractérisent comme espèces certains principes immédiats dont le rôle dans l'économie animale est des plus importants. Nous citons pour exemple, le caséum, la fibrine, l'albumine qui est associée à un composé sulfuré dont la nature nous est absolument inconnue. Ajoutons même que la méthode de l'analyse immédiate quantitative du lait n'a pas avancé progressivement avec les expériences qui ont démontré que sa partie butyreuse est très complexe, puisqu'elle renferme, dans le lait de vache du moins, outre de la stéarine et de l'oléine, une matière beaucoup plus soluble dans l'alcool que ces dernières, et qui est très probablement constituée par trois espèces de corps, la butyrine, la caproïne et la caprine.

» Les conséquences d'un tel état de choses sont faciles à déduire pour tous ceux qui ont quelques connaissances chimiques, c'est que faute d'analyses immédiates normales et de formules précises propres à les exécuter, lorsqu'à un instant donné il faut comparer une matière organique morbide à la matière organique normale correspondante, on manque de la donnée principale, du *terme de comparaison,* et la difficulté d'atteindre à un résultat satisfaisant se trouve encore augmentée par la petite quantité de matière qui est à la disposition du chimiste, et par le peu de temps même où il peut se procurer cette petite quantité, puisque les matières morbides sont presque toujours passagères, et que dès-lors il peut être dans l'impossibilité de vérifier une induction importante qui lui aurait été suggérée par des expériences faites sur les dernières portions de matière qu'il avait à sa disposition

» Parlons maintenant de la difficulté des analyses immédiates normales et de la direction qu'il nous paraît le plus convenable de suivre pour les établir.

» Si l'on proposait à un chimiste habile de s'occuper expérimentalement d'établir l'analyse normale d'un liquide animal, tel que le sang ou le lait, nous doutons qu'il s'y engageât avec la condition de justifier l'existence de tous les corps qu'il isolerait, comme il le ferait s'il s'agissait de métaux formant un alliage ou de composés oxigénés formant un composé pierreux. Éclaircissons cette proposition par des faits incontestables.

» Avant qu'on eût défini les espèces de corps qui constituent la masse principale des matières grasses que l'on rencontre le plus fréquemment dans l'homme et les animaux domestiques, on portait parmi les principes immédiats du sang, de la bile, etc., une *matière grasse;* on disait que l'alcool et l'éther en réagissant sur la fibrine, les tendons et le tissu qui se transforment en gélatine par l'eau bouillante, produisaient une *matière grasse,* aux dépens des éléments de ces matières. Eh bien! la dénomination de *matière grasse* n'exprimait que ceci, *c'est que l'on trouvait dans le sang, dans la bile, etc., dans l'alcool et l'éther qui avaient agi sur certaines matières animales, une matière inflammable insoluble dans l'eau et soluble dans l'alcool et l'éther.* En outre, le chimiste le plus habile qui aurait voulu absolument caractériser chacune de ces matières grasses sans se livrer à une suite de recherches sur toutes autres substances que celles soumises à son analyse actuelle, aurait perdu son temps, par la raison que les matières signalées dans le sang, la bile, etc., etc., s'y trouvaient dans des proportions trop faibles et accompagnées d'un trop grand nombre de corps étrangers, pour qu'il fût possible d'arriver à un résultat précis; mais le but a été atteint sans difficulté, lorsqu'en étudiant les principaux corps gras dont on peut se procurer sans peine des quantités suffisantes à tous les essais imaginables, en partant de l'examen des produits de la saponification beaucoup plus faciles à caractériser que ne l'étaient les matières avant la saponification, on est parvenu à définir et à caractériser ces dernières; car les corps gras une fois réduits : 1° en acides parfaitement définis; 2° en corps neutres saponifiables, c'est-à-dire réductibles par les alcalis en différents produits définis; 3° en corps neutres non saponifiables, il a été possible ensuite, sans de grandes difficultés, de réduire la matière grasse du sang en matière grasse du cerveau, en acides margarique, oléique, en cholestérine, etc.; la matière grasse de la bile en cholestérine, en acides margarique, oléique, etc. Il a été facile de reconnaître la matière grasse du

cerveau dans la fibrine du sang, la stéarine et l'oléine dans les tissus azotés réductibles en gélatine.

» Nous concluons de ces faits que pour entreprendre avec espoir de succès une analyse immédiate normale, il faut être sûr d'avance qu'on pourra définir comme espèces, si ce ne sont tous les principes immédiats d'une matière organique donnée, du moins les principaux, eu égard à l'importance de leurs propriétés et à la forte proportion où ils s'y trouvent; que si cette certitude manque, et qu'on ne recule pas devant de pénibles travaux, il faudra chercher les principes immédiats qu'on juge être les plus analogues à ceux qu'on veut séparer, dans les matières où ils sont le plus abondants, le plus isolés, ou dans l'état de plus facile séparation, afin d'étudier leurs propriétés, d'en choisir d'essentielles faciles à reconnaître, qui servent de caractères propres à faire juger si les principes séparés d'une matière dont on veut établir l'analyse normale, sont identiques ou simplement analogues aux premiers.

» Il est une considération que nous ne devons point omettre, c'est celle des globules qui, simplement suspendus dans des liquides animaux, ne sont perceptibles qu'avec le secours de la loupe ou du microscope, tant est grande leur ténuité! Dans toutes les analyses des liquides, et même dans celles des matières solides qui paraissent homogènes à la simple vue, il est indispensable de recourir aux instruments d'optique pour savoir s'il existe des globules dans les premiers, et plusieurs matières distinctes dans les secondes. S'il existe des globules, il faut les étudier comme matière indépendante du liquide où ils sont, et, si dans la matière solide on aperçoit des parties distinctes, il faut les séparer mécaniquement si c'est possible, ou dans le cas contraire, recourir aux réactifs les plus simples, l'eau, l'alcool, l'éther, etc. Voyons comment le chimiste doit envisager les globules.

» Si à l'aide du microscope on fixe la forme des globules, quelques traits d'une structure organique s'ils sont organisés, et certains rapports de connexion physique qu'ils peuvent avoir, soit ensemble, soit avec quelque autre matière non globuleuse, *ces globules, comme matière, rentrant dans le domaine de la Chimie,* doivent être étudiés sous le rapport de leur composition immédiate, sous celui de la composition élémentaire de leurs principes immédiats, s'ils résultent de l'union de plusieurs de ces principes; mais cette étude suppose qu'on les a isolés du liquide où ils sont disséminés, et jusqu'ici on n'a fait que de bien faibles tentatives pour y parvenir. Quoi qu'il en soit des difficultés que présente l'isolement des glo-

bules, on ne saurait trop insister sur l'utilité qu'il y a pour les sciences naturelles, qu'un même observateur consacre ses efforts à l'étude comparative de tous les globules qui se trouvent dans les liquides des animaux afin de saisir les analogies et les différences qu'ils ont entre eux. Il devra s'abstenir de faire des rapprochements d'identité basés uniquement sur une forme qui, à cause de sa simplicité même, peut appartenir à des corps très différents; il ne devra jamais perdre de vue que l'identité de nature ne peut être démontrée que là où se trouve identité de propriétés chimiques, parmi lesquelles nous comprenons la composition élémentaire. Un observateur, sans avoir approfondi la Chimie, peut tirer un grand parti de l'usage des réactifs, s'il évite toutefois de confondre les phénomènes qui peuvent naître de leur action sur quelques corps dissous dans le liquide où se trouvent les globules.

» Des considérations précédentes qui sont relatives aux questions concernant la nature des matières organiques en général, nous pouvons conclure pour l'étude du lait en particulier, objet spécial de ce rapport :

» 1°. Que non-seulement l'analyse du lait normal manque, mais encore que l'analyse actuelle n'est point au niveau des travaux qui ont fait connaître la composition immédiate du beurre, puisqu'on l'a considéré dans toutes les analyses faites depuis ces travaux comme une matière constante, sans tenir compte des proportions respectives de la stéarine, de l'oléine, de la butyrine, de la caproïne et de la caprine qui le constituent;

» 2°. Que le caséum n'a point été étudié d'une manière assez complète relativement aux autres principes azotés, tels que la fibrine, l'albumine, l'albumine coagulée, pour que dans une analyse de lait morbide on puisse exprimer une opinion précise sur les modifications que le caséum peut avoir éprouvées de la maladie;

» 3°. Que rien n'est plus propre à démontrer combien sont vagues nos connaissances actuelles sur le lait normal que la difficulté même que nous avons éprouvée lorsqu'il s'est agi de définir, dans ce rapport, son action sur les réactifs colorés. Macquer (*Dict. de Chimie*, au mot Lait) dit que le lait normal d'un animal frugivore est neutre. M. Bouillon-Lagrange (*Ann. de Chimie*, tom. L, pag. 273) avance que le lait récemment trait rougit le papier de tournesol. M. Thénard (*Ann. de Chimie*, tom. LIX, pag. 280) lui reconnaît la même propriété à sa sortie des glandes mammaires; Thomson, Berzélius, partagent cette opinion. Dans un voyage que firent, en 1826, MM. Gay-Lussac et Darcet, en Belgique, ils reconnurent l'alcalinité du lait à la sortie du pis d'une quarantaine de

vaches. M. Payen constata l'alcalinité de plusieurs échantillons de lait de femme et la neutralité du lait de chèvre (*Journal de Chimie médicale*, 1828). M. Lassaigne (*Journal de Chimie médicale*, 1832) ayant examiné le lait d'une vache suisse, vingt-deux jours avant qu'elle eût mis bas, trouva le lait ou le liquide qui le représentait alcalin; mais onze jours après cet essai, le lait était acide, et cette propriété persista dans le lait après la délivrance. Enfin, tout récemment, M. Péligot et M. Lassaigne ont considéré l'acidité comme une propriété du lait normal.

» Nous avons pensé que cette dissidence d'opinions sur un fait facile à constater, était un puissant motif pour ajouter quelques nouvelles observations à celles que nous venons de rappeler. En conséquence, un des membres de la Commission s'est rendu à l'École vétérinaire d'Alfort, où M. Lassaigne a eu l'obligeance de le mettre à même de constater les faits suivants :

» Le lait appartenant à trois vaches anglaises, dont l'une avait mis bas depuis huit mois et les autres depuis dix, dirigé à sa sortie du pis sur un papier rouge de tournesol, l'a fait passer au bleu. *Il était donc alcalin.*

» Le lait de deux chèvres qui avaient mis bas dix mois avant l'expérience, était alcalin.

» Enfin, deux brebis mérinos de pur sang, prises dans un troupeau de quarante nourrices, dont l'une avait mis bas deux mois et l'autre trois mois avant l'expérience, donnaient du lait pareillement alcalin.

» Ainsi, voilà sept échantillons de lait pris sur sept individus appartenant à trois espèces différentes d'animaux qui sont alcalins. S'ensuit-il que le lait possède toujours cette propriété à l'état normal? On serait tenté de tirer cette conclusion absolue de nos observations et de celles analogues, faites antérieurement, que nous avons citées; mais si l'on considère que des chimistes connus par leur exactitude, disent avoir *eux-mêmes constaté la neutralité et l'acidité du lait au sortir de la mamelle;* que M. Lassaigne a sur un même animal soumis à un régime constant d'alimentation, constaté, à des époques différentes, l'alcalinité d'abord, et ensuite l'acidité du lait; la Commission ne croit pas devoir trancher la question : elle se bornera à dire *que l'état habituel du lait normal lui* paraît *être une légère alcalinité, et qu'il reste aux expérimentateurs à déterminer s'il y a des circonstances où le lait devienne acide sans qu'il soit possible de reconnaître dans l'animal qui le produit le moindre symptôme de maladie.* Il est entendu que nous ne parlons que du lait au moment où il sort de la mamelle d'un

animal jugé bien portant; car nous savons qu'une maladie ou une affection subite ont rendu le lait acide.

» 4°. Aux difficultés qui arrêtent le chimiste dans une étude approfondie du lait considéré à l'état normal et à l'état morbide, que nous venons de signaler, il en faut ajouter une autre qui provient du manque de connaissances précises relatives à la véritable composition de produits morbides susceptibles de se mêler au lait dans les organes mammaires : tel est le pus. Si l'observation de l'état morbide des organes où il se trouve suffit au médecin pour appliquer ce mot sans équivoque, il n'en est pas de même pour le chimiste auquel on proposera de reconnaître et de démontrer la présence du pus dans le sang, dans le lait; car pour une démonstration incontestable, il ne faut pas se borner à une observation microscopique, pas plus qu'à des phénomènes produits par des réactifs sur des corps dont l'espèce est indéterminée. En effet, il ne suffit pas d'avoir constaté au microscope une différence entre les globules d'un liquide normal et ceux de ce même liquide qu'on a mélangé avec du pus; il ne suffit pas d'avoir constaté que le liquide normal ne se prend pas en gelée par l'ammoniaque, comme le fait le mélange de ce liquide et du pus, pour qu'on soit en état de faire la démonstration dont nous parlons. Car tant qu'on n'aura pas donné un *caractère spécifique* aux globules du pus, tant qu'on n'aura pas défini les principes immédiats qui le constituent, et les caractères de ces principes; qu'on n'aura pas défini toutes les matières qui peuvent donner du pus; les circonstances qui, en agissant sur tels de ses principes, le font passer à l'odeur putride; il sera impossible de résoudre sûrement la question que nous avons posée dans sa généralité. Et pour justifier notre conclusion, il suffit de rappeler que le *colostrum* a présenté à M. Donné la propriété de s'épaissir par l'ammoniaque comme le fait le pus.

Article II. — *Question concernant la nature des matières du monde extérieur en rapport avec les êtres organisés.*

» L'atmosphère a une si grande influence sur l'existence des animaux, que de tout temps on a été porté à y chercher la cause de plusieurs maladies qui frappent à la fois un grand nombre d'individus. C'est en conséquence de cette opinion, qu'à l'époque même où l'on reconnaissait l'oxigène et l'azote comme les éléments essentiels de l'atmosphère, on imaginait le nom d'*eudiomètre* pour désigner les instruments propres à reconnaître la proportion respective où ils s'y trouvent, et par extension, la présence des corps qui pourraient y être accidentellement mêlés. Les recherches

faites jusqu'ici pour découvrir, dans une atmosphère où une population a été frappée par une maladie, quelque matière à laquelle on pût attribuer la cause de cette maladie, n'ont donné aucun résultat précis, soit que l'on ait dit avoir découvert quelque matière particulière, soit que l'on ait avancé n'avoir reconnu aucune différence entre l'air de cette atmosphère et l'air normal. Examinons ces deux cas.

» 1er *cas*. Si l'on a reconnu un composé de carbone et d'hydrogène dans une atmosphère prétendue viciée, au moyen d'un réactif comburant, ou si l'on a conclu qu'il s'y trouvait un miasme, parce que l'eau qu'on avait précipitée de cette atmosphère, par un moyen quelconque, avait présenté les phénomènes qui résultent de la décomposition spontanée des matières organiques, on n'a point justifié cette conclusion par une expérience qui aurait consisté à démontrer la propriété délétère dans les deux matières. Cependant cette preuve était absolument indispensable, car il suffit de se rappeler que des huiles, des acides empyreumatiques se dégagent incessamment dans l'atmosphère par suite de nos combustions incomplètes; que l'hydrogène carboné se développe dans la vase des marais; que des matières organiques volatiles, telles que des essences, des aromes, etc., se dégagent des végétaux et des animaux, pour être convaincu qu'en soumettant un volume d'air suffisant aux procédés précités, on démontrera dans l'air ordinaire non vicié l'existence d'une matière organique, d'un carbure d'hydrogène.

» 2e *cas*. Dans le cas contraire où l'on a nié la présence d'un miasme, d'une matière délétère d'origine animale, dans une atmosphère, parce qu'on n'a pu y démontrer, par les procédés eudiométriques, aucun corps étranger à la composition normale de l'air, on a été trop loin. Il peut y avoir, dans une atmosphère, une matière délétère qui échappera au chimiste, parce qu'elle y est en une proportion trop faible relativement à l'air normal pour qu'on l'y reconnaisse au moyen des réactifs, absolument comme il arriverait que la présence d'un métal qui n'aurait point encore été décrit échapperait à l'analyste le plus habile, si ce métal n'était contenu dans un alliage qu'en une très faible proportion. C'est ici le lieu de faire remarquer que si l'analyse chimique ne démontre point, dans un air qui contient accidentellement une matière sensible à un de nos sens, l'existence de ce corps étranger, ce n'est point toujours une raison de conclure qu'elle est impuissante à le faire, même à l'aide de ses procédés actuels, car il serait possible qu'elle y parvînt par deux voies différentes: premièrement par le secours d'un moyen mécanique ou physique; deuxièmement, par ses propres

procédés, mais alors, au lieu de rechercher la matière délétère dans l'atmosphère où elle n'est qu'en petite quantité, elle la trouverait dans une matière solide ou liquide qui en fournirait une quantité suffisante à un examen approfondi.

» A. *A l'aide d'un moyen mécanique ou physique*. On conçoit la possibilité d'opérer la liquéfaction ou la solidification d'un miasme à l'état de vapeur dans une atmosphère, soit par une compression, soit par un refroidissement. La matière délétère ainsi liquéfiée ou solidifiée, serait ultérieurement étudiée à l'aide de nos procédés chimiques actuels comme l'ont été l'acide hydro-cyanique, la morphine, la picrotoxine, la strichnyne, etc., etc.; dès-lors on ne serait plus fondé à dire que les miasmes échappent à l'analyse chimique ou qu'ils sont des fluides impondérables, et le résultat dont nous admettons la possibilité ne serait pas nouveau sous le point de vue scientifique, puisque déjà M. Faraday a étudié des carbures d'hydrogène qui ont été séparés par une forte compression du gaz destiné à l'éclairage. Cet exemple a encore l'avantage de faire sentir comment le perfectionnement de procédés purement mécaniques ou purement physiques, propres à condenser ou à refroidir les gaz et à rassembler les produits liquides ou solides de la condensation, peut contribuer à l'avancement des sciences chimiques, physiologiques et médicales.

» B. *A l'aide de ses procédés actuels*, la Chimie pourrait parvenir à reconnaître la nature d'un miasme en le saisissant non plus dans l'atmosphère, mais en le séparant de quelque matière solide ou liquide, ou en en déterminant la formation aux dépens des propres éléments de cette matière; et la preuve que cette supposition n'est point dénuée de fondement se trouve dans les faits suivants : si avant la découverte des acides volatils auxquels le beurre doit son odeur persistante caractéristique, on eût proposé à un chimiste de reconnaître la nature de la matière odorante qui est répandue dans quelques litres d'air par du beurre qu'on y laisse pendant 24 heures, il n'y serait certainement pas parvenu, à cause de la petite quantité de cette matière odorante. Eh bien! une fois que l'étude approfondie des produits de la saponification du beurre eut fait connaître les acides butyrique, caproïque et caprique, la question des aromes que le beurre cède à l'air dans lequel il séjourne, a été résolue. Maintenant partons de ces faits : supposons que l'air chargé de l'odeur du beurre, qui n'affecte que notre odorat, soit délétère pour un animal, et il sera évident que la Chimie, qui n'aurait pu découvrir ce miasme dans l'air, serait parvenue à le connaître en étudiant la matière qui lui donne naissance. Et c'est là

encore un exemple propre à démontrer que des recherches approfondies peuvent répandre un jour inattendu sur un sujet qui semblait absolument étranger à celui de ces recherches.

» Les eaux potables donnent lieu à des considérations analogues à celles que nous venons d'émettre sur l'atmosphère. Il n'est pas douteux que, dans beaucoup de cas, elles ne méritent de fixer l'attention des chimistes, non-seulement sous le point de vue des petites quantités de matières actives qu'elles peuvent contenir, mais encore sous celui de l'oxigène atmosphérique dont elles peuvent être plus ou moins dépourvues, soit qu'elles aient été privées d'un contact de l'air suffisant pour s'en saturer, soit qu'elles aient contenu des matières organiques combustibles qui se soient approprié l'oxigène qu'elles avaient pris à l'atmosphère ambiante. Le grand usage que l'on fait aujourd'hui dans plusieurs arts de composés vénéneux, tels que des sels arsénicaux, cuivreux, etc., etc., doivent éveiller l'attention ; car il est possible, par exemple, que des eaux qui ont servi à laver des étoffes imprégnées de compositions arsénicales, aient dans quelque lieu une influence fâcheuse sur les animaux. Il est possible que le même effet soit produit par des matières contenant de l'arsenic qu'on aura enfouies, et qui, disséminées par les eaux souterraines, pourront être amenées à la surface du sol, loin du lieu où on les a déposées.

Conséquences déduites des considérations exposées dans ce paragraphe (§ 4).

» La recherche des principes actifs sur l'économie animale qui peuvent se trouver dans l'atmosphère, dans les eaux, etc., qui peuvent résulter d'un changement d'équilibre entre les éléments qui constituent les matières organiques, soit que ce changement d'équilibre ait lieu dans ce qu'on nomme la *fermentation,* la putréfaction d'une matière qui a appartenu à un être vivant, soit qu'il ait lieu dans l'intérieur même d'un être vivant malade, doit être envisagée comme une des recherches les plus importantes qui concernent l'histoire de la vie animale. Si dans le moment actuel, le chimiste n'est point appelé à se prononcer sur les définitions des causes auxquelles on attribue les maladies endémiques, épidémiques, contagieuses et d'infection ; s'il trouve dans les sciences physico-chimiques des raisons d'apprécier l'influence que les vents et des changements brusques de pression, de température et d'humidité survenus dans l'atmosphère peuvent avoir sur l'économie animale, ce n'est point un motif pour s'abstenir de recherches tendantes à découvrir la cause d'une maladie qui sévit sur une population, dans quelque matière active ré-

pandue dans l'atmosphère, dans les eaux, ou dans des produits morbides. Il ne doit donc pas être enclin à partager l'opinion de quelques esprits qui sont trop pressés de conclure affirmativement qu'il n'y a ni effluves délétères, ni miasmes, ni virus, parce que les expériences entreprises pour les rechercher ont donné un résultat négatif; et dans le cas où il aurait découvert une matière particulière qu'il soupçonnerait avoir une influence délétère, et qui se trouverait par une expérience ultérieure n'en pas avoir, il faudrait, pour que les recherches fussent complètes, qu'il procédât à de nouvelles épreuves sur l'économie animale, en employant non plus la matière particulière, mais les produits qu'elle pourrait donner sous l'influence de l'air, de l'eau, de la chaleur, etc.; par exemple, supposons que l'acide butyrique soit un miasme ou un virus pour un animal, il est clair que le beurre désacidifié, qui serait sans action sur lui, venant à dégager de l'acide butyrique sous l'influence de l'atmosphère, deviendrait par là même délétère. Ce qui importe le plus au chimiste, c'est la solution d'un problème posé en ces termes : *Un effet étant donné, reconnaître la nature spécifique des corps qui le présentent et les circonstances où il se manifeste à notre observation.* Ce sont des problèmes, rentrant dans cet énoncé général, qui ont été résolus lorsqu'une matière complexe, douée d'une forte action sur l'économie animale, comme l'opium, le quinquina, la coque du Levant, la noix vomique, etc. étant donnée, MM. Sertuerner, Duncan, Boullai, Pelletier et Caventou, etc., en ont extrait les principes actifs. Ces découvertes ont trop le caractère chimique pour que l'esprit qui y a présidé ne dirige pas les efforts de l'analyse appliquée à la recherche des matières délétères que l'analogie conduit à admettre dans l'atmosphère, dans les eaux, dans les produits morbides, etc.; mais tout en recommandant des travaux de cet ordre, il importe d'insister sur l'esprit critique qui doit y présider : ce n'est pas, en effet, parce qu'un corps particulier aura été trouvé dans une atmosphère supposée viciée, dans une eau supposée nuisible à la santé, qu'un principe immédiat particulier aura été reconnu dans des produits morbides, pour qu'on attribue à ce corps, à ce principe la cause qu'on cherche à découvrir. Une telle conclusion ne sera permise que lorsqu'il sera prouvé par une expérience positive que l'effet dont on cherche à pénétrer la cause est le résultat de l'action mutuelle de ce corps et d'une matière appartenant à l'économie animale, car il faut s'empresser de dire que souvent, dans l'économie animale, un principe morbide, c'est-à-dire un principe dont les éléments ont été associés sous l'influence d'une maladie, peut être absolument neutre sur l'économie animale, comme l'est le sucre de

diabète; dès-lors la présence de ce principe dans la matière morbide qui le présente ne peut être qu'un indice, qu'un symptôme, et non plus la cause de cette maladie, et c'est sous ce dernier point de vue que les globules agglomérés muriformes et muqueux doivent être considérés dans le lait de vaches attaquées de la *cocote,* si la probabilité que nous avons encore sur l'innocuité de ce lait se change en certitude par des recherches ultérieures.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

» Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie le résumé et la conclusion de ce Rapport dans l'ordre même où les matières qui en font l'objet ont été renvoyées à l'examen de la Commission par l'Académie elle-même.

1°. *Examen de la Note de M. Donné.*

» *Résumé.* — M. Donné en proposant, pendant l'épizootie, l'usage du microscope pour distinguer le lait normal du lait des vaches malades, et l'emploi de l'ammoniaque qui, sans action apparente sur le premier, épaissit plus ou moins le second, a atteint le but qu'il s'était proposé, puisque toutes nos observations ont été conformes à sa proposition. Mais en rappelant, d'après M. Donné lui-même, que les caractères qui distinguent le lait morbide du lait normal se retrouvent dans le colostrum et dans des laits qui ont reçu l'influence d'affections fort différentes de la *cocote,* nous avons fait remarquer que les *caractères proposés* ne sont point spécifiques à une affection particulière.

» *Conclusion.* — Nous proposons à l'Académie qu'elle veuille bien remercier M. Donné de la communication de sa Note, et l'engager à continuer ses observations microscopiques sur la constitution physique des liquides animaux, afin qu'il cherche à multiplier autant que possible les caractères propres à distinguer les différentes sortes de globules de ces liquides en recourant à l'emploi des procédés chimiques, comme il a déjà commencé à le faire.

2°. *Effets qui peuvent résulter de l'usage du lait des vaches malades.*

» *Résumé.* — La Commission a été nommée à une époque trop rapprochée de la fin de l'épizootie pour qu'elle se soit livrée à des recherches propres à définir les effets du lait morbide sur l'économie animale, car en supposant même qu'il lui eût été facile de les constater par la voie de l'expérience, elle eût été dans l'impossibilité de le faire, faute d'une quantité

suffisante du lait morbide. *Les renseignements qui sont parvenus à sa connaissance étant négatifs relativement aux mauvais effets de ce lait sur l'économie animale, elle a fait remarquer que les observations microscopiques et chimiques ne sont point en désaccord avec ce résultat.* Mais la Commission, en arrivant à cette conclusion, ne l'a point présentée dans un sens absolu, et c'est pour qu'on ne se méprenne pas sur sa manière de voir à ce sujet qu'elle a cité, sous le nom des auteurs qui les ont fait connaître, trois cas où l'on assure que des vaches attaquées d'aphtes ont communiqué cette affection à trois vachers. A la vérité, si ces faits sont exacts, la cause matérielle de la maladie ne se trouvait pas dans le lait; mais comme la source du virus pourrait être voisine des organes mammaires, ce voisinage a paru un motif suffisant à la Commission pour appeler l'attention des observateurs sur la vérification des faits avancés. *En définitive, la conclusion de la Commission sur l'innocuité du lait des vaches attaquées de la cocote est empirique et ne dérive point par conséquent d'un système d'expériences institué pour la démontrer.*

3°. *Recherches qu'il conviendrait d'entreprendre non-seulement dans le cas de retour de l'épizootie, mais encore dans le cas où des maladies épidémiques contagieuses et d'infection se développent.*

» *Résumé.* — Il a été impossible à la Commission de faire un plus grand nombre d'observations que celles qu'elle a exposées, faute de lait morbide; mais ces observations ont suffi pour établir les caractères qui distinguent le lait normal d'un lait morbide; *ces caractères résident principalement dans l'homogénéité ou l'hétérogénéité des globules, la propriété de conserver la mobilité de ses particules par l'addition de l'ammoniaque, ou de la perdre plus ou moins.*

» Dans l'opinion où elle est de l'importance qu'il y a pour les progrès des sciences chimiques, physiologiques et médicales, de rassembler le plus possible de connaissances précises, et conséquemment indépendantes de toute hypothèse sur la cause immédiate des épizooties, des maladies épidémiques, contagieuses, d'infection, etc., elle a profité de l'occasion que l'Académie lui a offerte lorsqu'elle l'a chargée de voir *s'il ne conviendrait pas de provoquer des recherches sur l'épizootie régnante,* pour traiter non plus une question trop tardivement posée, *mais pour examiner la question générale dont celle-là n'est qu'un cas particulier.* Sous le point de vue où elle s'est placée, elle a dû s'occuper des recherches concernant :

» 1°. *La nature des matières constituant immédiatement les animaux;*

» 2°. *La nature des matières du monde extérieur en rapport avec les êtres organisés qui sont exposés à être frappés par une épizootie, une maladie épidémique, contagieuse, d'infection.*

» Les recherches concernant la nature des produits morbides ne peuvent être entreprises avec succès qu'autant qu'on peut comparer leurs principes immédiats avec ceux qui constituent à l'état sain les matières correspondantes à ces produits; car de cette comparaison se déduisent les modifications qu'une maladie a pu apporter à la composition des animaux. La nécessité d'avoir réduit en formules précises les procédés chimiques au moyen desquels on isole les corps qui doivent servir de termes de comparaison, une fois posée en principe, nous nous sommes efforcés de démontrer que les analyses normales propres à donner ces termes, ne peuvent être entreprises avec quelque chance de succès que dans le cas où l'on connaît bien les propriétés principales de tous les principes immédiats de la matière objet de l'analyse. Conséquemment, *si cette connaissance manque, il faut l'acquérir avant tout, et la voie la plus sûre pour y parvenir est de chercher à isoler de toute matière étrangère, non-seulement les principes présumés identiques à ceux qui doivent être l'objet de l'analyse normale, mais encore ceux qui y sont analogues, afin d'établir des types de matière définie par un ensemble de propriétés qu'il soit facile de constater dans l'analyse projetée.*

» Nous avons envisagé ensuite les globules des liquides comme *des matières*, et conséquemment comme sujettes à l'analyse chimique, qui doit être immédiate avant d'être élémentaire, si ces globules renferment plusieurs espèces de principes; nous avons posé la règle que *l'identité entre des globules donnés n'est admissible qu'autant que l'identité de propriétés et de composition chimiques concorde avec l'identité des autres propriétés.*

» Ces généralités une fois établies, il nous a été facile de faire concevoir que faute d'une analyse normale du lait, la Commission n'aurait pu se livrer à des recherches *vraiment approfondies* sur le lait des vaches attaquées de la cocote, lors même qu'elle en aurait eu à sa disposition des quantités suffisantes. Enfin, nous avons fait remarquer que l'incertitude où l'on est sur la composition immédiate du pus, qui présente des variations de nature non définies, apporte encore des difficultés, par sa présence dans le lait morbide, à l'analyse de ce dernier.

» En parlant de la recherche des principes du monde extérieur qui sont capables de troubler la santé des êtres animés, nous avons cherché à expliquer clairement en quoi consiste réellement ce qu'on appelle l'*impuis-*

sance de la Chimie, dans le cas où l'examen chimique d'une atmosphère soupçonnée viciée, conduit à un résultat négatif. En supposant qu'elle soit réellement rendue délétère par la présence d'un corps qui se soustrait à l'analyse, à cause de la faible proportion où il s'y trouve, nous avons vu que cette impuissance n'est que relative, puisque le but pourrait être atteint par la perfection d'un procédé mécanique ou physique propre à condenser ou à refroidir les vapeurs disséminées dans un gaz, s'il ne pouvait pas l'être même par des recherches exclusivement chimiques.

» Nous avons appelé l'attention des chimistes sur la recherche des principes qui peuvent être la cause *de* maladies épidémiques, celle *des* maladies contagieuses et d'infection, comme rentrant essentiellement dans son esprit, et nous avons assimilé cette recherche à celle qui a amené l'isolement des principes actifs de l'opium, du quinquina, etc., etc.; mais en faisant ce rapprochement, nous avons dit que la découverte d'un principe actif dans l'atmosphère, dans un produit morbide, etc., n'est incontestable *que quand l'expérience a démontré que le principe isolé de toute matière étrangère a produit sur l'économie animale les effets qu'on lui attribue.*

» *Conclusion.* — Avoir signalé les difficultés de l'analyse immédiate des produits morbides, et celles de la recherche des principes actifs auxquels on peut attribuer des épizooties et des maladies qui frappent un grand nombre d'individus à la fois ; avoir indiqué la voie qui nous semble la plus sûre pour les surmonter, c'est avoir satisfait déjà à une partie de la question que l'Académie nous a chargés d'examiner; nous pensons compléter notre réponse en demandant le renvoi de la proposition suivante à une Commission :

» *Aura droit à un prix Montyon, l'auteur d'un travail qui sera jugé par la section de Chimie, avoir avancé d'une manière remarquable les connaissances concernant particulièrement la distinction et la définition des espèces des principes immédiats qui constituent les parties solides et liquides des animaux, ou les connaissances concernant la détermination des principes auxquels l'air, les eaux, des matières morbides, peuvent devoir dans certains cas l'influence qu'ils exercent sur les animaux en général et l'homme en particulier.*

» Nous espérons que les chimistes attachés à des écoles vétérinaires, à des établissements agricoles, en un mot, que tous ceux qui sont en position de se procurer facilement des produits animaux, soit à l'état normal, soit à l'état morbide, s'empresseront de répondre à l'appel que nous

faisons, en supposant, bien entendu, que notre proposition soit adoptée par l'Académie. »

L'examen de cette proposition, et la nomination d'une Commission, s'il y a lieu, sont renvoyés à la séance prochaine.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

Description d'un appareil électro-magnétique, imaginé par M. NEEFF, de Francfort-sur-le Mein.

« La pile voltaïque, mise en usage dans cet appareil, se compose de quatre éléments, chacun formé par deux plaques carrées de cuivre, d'environ 11 centimètres de côté; entre ces deux plaques on pose une plaque de zinc amalgamé, de même dimension; de chaque côté du zinc se trouve une plaque de carton un peu plus étroite que les plaques métalliques, et qui sert de conducteur humide; ces cartons sont imprégnés d'une quantité de liquide égale à leur propre poids à l'état sec; le liquide employé à humecter, se compose de 10 parties d'eau et d'une d'acide sulfurique.

» Chaque élément est isolé de son voisin par une plaque de carton pareille aux précédentes, mais sèche.

» Ces éléments sont placés sur champ dans une boîte, l'un à côté de l'autre, toujours dans le même ordre, et pressés les uns contre les autres par une vis en bois qui traverse une des parois verticales de la boîte, afin de faire agir le liquide plus efficacement en procurant un contact plus intime et plus conducteur.

» La pile, ainsi construite, peut agir douze à quinze jours, sans autre soin que celui de desserrer la vis après chaque opération, afin que le liquide soit absorbé de nouveau par le carton.

» Ces éléments, dont chaque plaque porte un petit godet à mercure, en cuivre, soudé contre un fil de cuivre soudé lui-même à la plaque, sont arrangés de manière à ce que tous les godets des plaques en cuivre où sont les pôles positifs soient d'un côté de la pile, tandis que ceux des plaques en zinc où se trouvent les pôles négatifs se trouvent de l'autre côté de la boîte; les deux cuivres d'un même élément sont joints par un petit fil de cuivre qui plonge dans les deux godets. Cela fait, on peut faire communiquer les éléments à volonté homonymement, c'est-à-dire tous les pôles positifs ensemble, et d'autre part tous les pôles négatifs

ensemble, au moyen de pareils fils de cuivre, pour n'en former par là qu'un seul élément; ou bien on peut les réunir hétéronymement, c'est-à-dire en former une chaîne ou une pile, en faisant communiquer comme d'ordinaire le pôle positif du premier élément avec le pôle négatif du deuxième, le pôle positif de celui-ci avec le pôle négatif du troisième, etc., de manière que les deux pôles libres se trouvent aux extrémités de la pile.

» La deuxième partie de l'appareil est le multiplicateur composé d'un cylindre de fer doux de 7 centimètres de longueur et de 2 centimètres de diamètre; à chaque bout de ce cylindre on fixe un disque en bois, de 5 centimètres de rayon, afin d'en former une bobine sur laquelle on roulera deux bouts de fil de cuivre, chacun de 162 mètres de long et de 1 millimètre de diamètre.

» Sur la boîte qui renferme la pile est retenue une tablette en bois surmontée de trois petits supports qui portent le multiplicateur posé par sa base, c'est-à-dire de manière que son axe soit vertical; à l'un des supports est fixé horizontalement et à quelques millimètres au-dessous du multiplicateur, suivant le diamètre de celui-ci, un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre, dont l'autre bout libre peut vibrer dans un plan vertical; le bout libre de ce fil est recourbé vers en bas, à l'une de ses extrémités, pour pouvoir, dans ses vibrations, venir toucher une goutte de mercure qui se trouve dans un petit godet formé par une excavation à l'extrémité d'un autre fil de cuivre beaucoup plus gros, qui peut se hausser et se baisser suivant le besoin, et qui est mis en communication avec l'un des pôles de la pile. Le fil vibrant porte en outre (circonstance qui est essentielle) un petit disque de fer doux, fixé à ce fil, et qui répond directement à l'axe du multiplicateur électro-magnétique, lui servant en quelque sorte de *contact* sans le toucher. Ce fil est mis par son bout fixe en communication avec l'un des bouts des fils de l'électro-aimant, tandis que l'autre bout des fils rejoint l'autre pôle de la pile pour fermer le circuit; le courant passe ainsi, par exemple, du pôle positif par un petit bout de fil qui rejoint le fil qui porte la goutte de mercure, monte le bout vertical du fil vibrant, traverse ce fil, entre par l'une des extrémités des fils du multiplicateur, traverse celui-ci, et sort par l'autre qui est plongé dans le godet du pôle négatif de la pile.

» Par ce passage du courant, le cylindre de fer est aimanté, il attire le petit disque en fer doux, fixé au fil vibrant, soulève nécessairement le fil qui alors rompt la chaîne en éloignant son bout de la goutte de mercure; la chaîne étant rompue, le fluide magnétique se recompose,

l'action cesse, le fil retombe et va derechef toucher la goutte de mercure; il fermera par conséquent de nouveau le circuit, et reproduira le même mouvement d'attraction que précédemment, et ainsi de suite, aussi long-temps que la pile sera en état et que la goutte de mercure ne sera pas trop oxidée par la combustion du mercure. Une belle étincelle est produite à chaque rupture de la communication; c'est à cause de la singularité de ce mouvement vibratoire que M. Neeff a donné le nom de marteau au fil horizontal, et d'enclume au godet à mercure.

» Pour recevoir la commotion produite par induction, on tient, dans chaque main, un cylindre creux de métal, lesquels communiquent l'un avec le bout intérieur, l'autre avec le bout extérieur du fil multiplicateur; l'effet est une suite de décharges aussi rapides que les battements du marteau, et qui peuvent servir aux effets physiques, chimiques, et surtout aux effets physiologiques pour le traitement des malades par l'électricité; l'emploi curatif est très simple et peut facilement être dirigé par le malade lui-même; en appliquant les deux cylindres polaires aux deux extrémités opposées des parties malades, il sentira un tremblement continuel dans ces parties, qui même sera rendu insupportable s'il mouille les mains ou les parties touchées avec de l'eau salée. »

A la suite de cette Note, M. **Roux** annonce qu'il a déjà eu occasion d'appliquer l'appareil de M. Neeff, et qu'il communiquera, dans la séance prochaine, les résultats qu'il en a obtenus.

ORTHOPÉDIE. — *Mémoire sur les différentes variétés du pied-bot congénital, dans leurs rapports avec la rétraction musculaire convulsive; par* M. le docteur **Jules Guérin**.

(Commissaires, MM. Larrey, Roux, Breschet.)

Ce Mémoire est consacré au développement et à la démonstration d'une proposition que l'auteur avait déjà cherché à établir dans son Mémoire sur l'étiologie générale des pieds-bots. Cette proposition consiste en ce que la difformité dont il s'agit serait le résultat de la rétraction musculaire convulsive; d'où il suivrait que les différentes variétés anatomiques du pied-bot seraient produites par la rétraction musculaire siégeant dans tels ou tels muscles, et seraient par conséquent des manifestations variées de cette seule et même cause.

NAVIGATION DE LA SEINE. — M. **Dumoulin**, inspecteur-général de la navigation, adresse à l'Académie le *Tableau des hauteurs journalières de la Seine*, pendant l'année 1838.

CHEMINS DE FER. — M. **Jarry** envoie un second Mémoire faisant suite à celui que l'Académie a soumis à l'examen d'une Commission composée de MM. Arago, Coriolis, Poncelet. (Voyez *Compte rendu*, t. VIII, p. 205).

(Renvoyé aux mêmes Commissaires.)

MACHINES. — M. **Cavarra** adresse un Mémoire sur les *propriétés physiques d'un corps solide et creux qui tourne sur lui-même.*

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Séguier.)

CHIRURGIE. — M. **L. Fochi**, chirurgien à Parme, envoie le modèle d'un instrument de son invention, relatif à l'opération de la taille.

(Commissaires, MM Roux, Breschet.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** annonce à l'Académie que dorénavant les envois qui lui seront faits de son Ministère, ne seront soumis à aucune taxe.

M. **Owen**, nommé correspondant pour la section d'Anatomie et de Zoologie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. **Biot** communique la lettre suivante qu'il a reçue hier de M. *Talbot*.

« Londres, le 15 mars 1839.

» Monsieur,

» Je viens de recevoir le *Compte rendu* du 18 février. En y lisant les expériences auxquelles vous vous livrez en ce moment avec M. Becquerel, sur la radiation électrique et chimique, je conçois la nécessité d'augmenter autant que possible la sensibilité des moyens d'observation et de les varier de plusieurs manières. Je vais donc vous décrire un nouveau papier sensitif que j'ai imaginé, et qui me paraît offrir quelques avantages.

» *Nouvelle préparation d'un papier sensitif.* — Prenez du bon papier à écrire, étendez dessus une solution de nitrate d'argent, puis une solution de bromure de potassium, ensuite encore du nitrate d'argent, en séchant au feu entre chaque opération.

» Ce papier est d'une couleur jaunâtre pâle; il est très sensible à la lumière des nuages, mais insensible à la chaleur artificielle; et l'on peut, sans l'endommager, le mettre tout près du feu. La lumière le rend d'abord d'un vert bleuâtre, puis d'un vert d'olive, ensuite presque noir.

» Si l'on peut fixer les dessins ainsi obtenus, de la même manière qu'avec le chlorure d'argent, c'est ce que je n'ai pas encore déterminé; mais je le crois, puisqu'il y a la plus grande analogie entre le chlorure, l'iodure et le bromure d'argent. Chacun des trois devient insensible à la lumière, de très sensible qu'il était, si l'on diminue au-delà d'un certain point la proportion du métal; et avec chacun des trois, ce changement d'état est brusque. J'ai fait là-dessus avec le chlorure un grand nombre d'observations.

» Quant au degré de sensibilité de ce papier, je ne puis le donner que d'une manière vague, faute d'une unité fixe de comparaison. Voici quelques expériences que j'en ai faites pendant le mauvais temps que nous avons eu ces jours derniers.

» A quatre heures de l'après-midi, temps couvert et sombre à Londres; pour dessiner l'image d'une fenêtre avec la *camera obscura*, il a fallu 7 minutes. Même soir, à cinq heures, avec un échantillon de papier d'une meilleure qualité, il a fallu 6 minutes. On aurait obtenu, en temps égal, les *contours* d'un objet quelconque qui se dessinait contre le ciel.

» Quelques minutes après le coucher du soleil, temps sombre, très nuageux : exposé à la lumière tout près d'une fenêtre, il a fallu 20 à 30 secondes pour avoir une décoloration bien sensible. »

Après cette lecture, M. *Biot* ajoute les détails suivants :

« Indépendamment des usages optiques auxquels M. Talbot applique sa nouvelle préparation, elle aura des avantages particuliers pour la physique par la succession de couleurs qu'elle parcourt; car ces diverses phases de son impressionnabilité offriront autant de caractères des portions de la radiation atmosphérique ou terrestre qui sont aptes à produire chacune d'elles. C'est ainsi que je viens d'employer, pour ce même but, les changements de teinte que les radiations de diverse nature produisent sur la résine de gaïac, étendue

en couches suffisamment épaisses; changements qui la font successivement passer du jaune, au vert et au bleu, puis revenir encore au jaune, et repasser au vert par des alternatives dépendantes de l'espèce de radiation qu'on fait agir sur elle, et dont ces alternatives mêmes deviennent un caractère spécial. On arrive ainsi, par une autre voie, à des résultats tout-à-fait conformes à ceux que Wollaston avait découverts par le spectre solaire, sauf, peut-être, quelque légère différence d'interprétation. Mais les expériences que j'ai faites sur ce sujet curieux ne sont pas encore terminées.

» Une autre particularité digne de remarque dans la nouvelle préparation de M. Talbot, c'est la grande impressionnabilité qu'on y découvre dans un produit séché au feu, conséquemment privé d'eau libre, ce qui avait déjà lieu, quoique non pas aussi nettement, dans les papiers impressionnables de M. Daguerre et de M. Talbot. On retrouve donc ici un phénomène connu en chimie, mais rare, et remarqué avec raison pour ses caractères moléculaires, lequel consiste dans des changements de relation, et peut-être de combinaison, entre des particules d'un système déjà solidifié. M. Pelouze en a donné lui-même un curieux exemple, dans les variations de teinte que la radiation atmosphérique fait éprouver au nouveau cyanure de fer qu'il a découvert.

» J'ai reproduit le nouveau papier sensible de M. Talbot, et je lui ai trouvé la grande impressionnabilité qu'il lui attribue. Pour savoir si la constitution du papier ou ses éléments matériels contribuaient essentiellement au phénomène, j'ai effectué les mêmes opérations dans l'obscurité, en appliquant les couches successives sur une plaque blanche de porcelaine non couverte d'émail, et les faisant sécher à mesure sur des cendres chaudes. Le produit définitif des dessiccations a été un enduit solide et sec, de couleur de soufre, que j'ai conservé encore quelques heures dans une armoire fermée. Quand je l'en sortis pour l'exposer à la radiation, ce matin vers 10 heures, il paraissait d'un beau jaune-serin; mais j'eus à peine le temps de le présenter à la radiation qu'il était verdi, même dans ses parties les plus solides et protubérantes. Il passa ensuite rapidement par toutes les phases qu'indique M. Talbot.

» Voulant essayer si la dessiccation au feu était indispensable pour produire ces phénomènes, je me plaçai dans une chambre obscure éclairée par une seule bougie, et je fis tomber une ou deux gouttes de nitrate d'argent dans une solution aqueuse de bromure de potassium. Il se forma immédiatement un précipité solide qui était sans doute du bromure d'argent; il me parut blanc à la lumière qui m'éclairait. Je séparai l'excès de bro-

mure par décantation, et je jetai le précipité sur une plaque de porcelaine où je le laissai sécher naturellement. Il en résulta une poudre qui me parut blanche; mais en ayant enlevé quelques parcelles sur un papier et sur une petite bande de corne, je n'eus pas plus tôt ouvert la porte de la chambre pour l'exposer à la radiation qu'elle m'a paru d'un jaune-serin, et j'eus à peine le temps de saisir les phases de son passage au vert jaunâtre, puis au vert d'olive presque noir (1).

» Je pensai alors que la dissolution des deux sels dans l'eau n'était peut-être pas indispensable, pour donner au produit résultant de leur réaction mutuelle, cette grande impressionnabilité. J'ai donc trituré successivement à sec, dans un mortier d'agate, un peu de nitrate d'argent et de bromure de potassium en cristaux isolés, en me tenant toujours dans la chambre obscure. Chacune des deux poudres, observée isolément, me parut blanche, et leur mélange me parut aussi tel. Mais en ayant mis une petite quantité sur un papier, et à l'extrémité d'une petite lame de corne, je ne fus pas plus tôt sorti de la chambre que ces petites parcelles me parurent de couleur jaune-serin; et la radiation atmosphérique les fit presque instantanément passer par toutes les phases qu'avaient présenté, sur le papier et la porcelaine, le produit résultant de l'application successive des deux sels à l'état de solution (2).

» N'y aurait-il pas d'autres combinaisons en plus grand nombre qu'on ne le pense, qui, formées dans l'obscurité, auraient des couleurs propres différentes de celles qu'on leur attribue généralement pour ne les avoir formées ou étudiées qu'après qu'elles ont subi l'impression de la radiation atmosphérique? C'est un soupçon que je soumets aux chimistes. »

M. Flourens donne communication d'une lettre qu'il a reçue de M. Du Ponceau, président de la Société philosophique de Philadelphie, à l'oc-

---

(1) Le reste du précipité qui s'était séché spontanément sur la plaque de porcelaine dans l'obscurité, avait, le lendemain, une impressionabilité peut-être plus vive encore. On y reconnaissait des cristaux de bromure isolés et en excès, sur les bords des petites protubérances qui s'étaient formées.

(2) J'ai répété cette expérience avec du nitrate d'argent fondu, et du bromure de potassium cristallisé, qui venait d'être fortement chauffé dans une capsule de porcelaine après avoir été pulvérisé. Le mélange rapidement préparé dans l'obscurité, a encore produit une poudre très vivement impressionnable par la radiation atmosphérique, malgré l'exclusion de toute eau libre. Mais la superficie des tas était surtout attaquée et passait immédiatement au noir, tandis que l'intérieur se maintenait encore à l'état jaune, comme on le constatait en les ouvrant.

casion de la mort du savant mathématicien et astronome américain **Nathaniel Bowditch**. C'est à ce géomètre qu'on doit la seule traduction complète qui ait été faite de la *Mécanique céleste* de *Laplace*. L'auteur y a joint un volumineux commentaire ayant pour objet de faciliter l'intelligence de ce grand ouvrage. M. Du Ponceau adresse en même temps, un exemplaire de l'*Éloge* de M. **Bowditch**, prononcé par M. Pickering, devant l'Académie des Sciences et Arts de Boston.

A la suite de cette communication, M. *Arago*, qui vient de parcourir l'éloge de M. Bowditch, croit faire plaisir aux astronomes et aux géomètres, en leur apprenant que le manuscrit du IVe volume de la magnifique édition anglaise de la *Mécanique céleste*, que publiait M. *Bowditch*, était terminé lorsque la mort frappa ce savant laborieux. M. *Pickering* nous dit que M. *Bowditch* avait même tout collationné jusqu'à la millième page.

M. *Arago* annonce que le roi des Deux-Siciles a nommé M. Melloni directeur du Conservatoire des Arts et Métiers et du cabinet de Météorologie de Naples, et lui a assigné 5,000 francs d'appointements annuels. J'ai pensé, ajoute M. *Arago*, que cette nouvelle serait reçue avec une grande satisfaction par toutes les personnes qui s'intéressent aux progrès des sciences.

Le même académicien vient d'apprendre qu'un portefeuille de M. *Daguerre*, renfermant la description des procédés de cet excellent peintre, et qui avait disparu à la suite de l'incendie du *Diorama*, a été retrouvé.

M. **Francoeur** écrit relativement aux bons effets qu'il a retirés de l'emploi de l'appareil à air comprimé de M. *Tabarié*, dans une affection du larynx, accompagnée d'aphonie.

MACHINES. — M. **Passot** annonce que, dans une première application de sa turbine, il est parvenu à faire tourner une meule de 6 pieds de diamètre, à raison de 60 tours par minute. La turbine employée avait 3 pieds de diamètre, et faisait elle-même 40 tours sous une chute de 3 pieds, réduite à 2 pieds par diverses circonstances. D'après cette hauteur de chute, et la quantité de blé moulu, qui est de 1 hectolitre et demi par heure, M. Passot pense que la machine utilise 60 pour 100 de la quantité de travail dépensée. Cette évaluation n'étant fondée encore sur aucune mesure précise, l'Académie attend pour nommer des Commissaires, que

des expériences faites au moyen du frein, permettent d'apprécier exactement l'avantage de la machine.

M. Soleil fils soumet au jugement de l'Académie un appareil de polarisation destiné à mesurer, dans les cristaux à deux axes, l'angle que ces axes font entre eux.

(Commissaires, MM. Arago, Beudant.)

M. Bourdat prie l'Académie de vouloir bien nommer une Commission pour examiner un instrument de son invention, qu'il désigne sous le nom de *Cadran-Boussole* ou *Boussole solaire*, et qui, outre les heures, indique à chaque instant la direction du méridien magnétique.

(Commissaires, MM. Biot, Savary.)

M. le docteur Rambault adresse un paquet cacheté dont l'Académie accepte le dépôt.

M. le docteur Jules Guérin adresse aussi un paquet cacheté qui est de même accepté.

La séance est levée à 5 heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre, 1839, n° 10, in-4°.

Notice historique sur la vie et les ouvrages de René Caillé; par M. Jomard; in-8°.

Statistique du département de Saône-et-Loire; par M. Ragut; 2 volumes, in-4°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours de Statistique.)

Nouvel essai sur la Culture vauclusienne et l'histoire naturelle de la Garance; par M. J. Bastet; Orange, 1839, in-8°.

Recherches sur les Lactates et sur l'état de l'Urée dans l'urine de l'homme et de quelques animaux; par MM. Cap et Henry; in-8°.

Éléments de Géologie pure et appliquée, ou résumé d'un cours de Géologie descriptive, spéculative, industrielle et comparative; par M. A. Rivière; in-8°.

Notice sur une espèce d'Hyménoptère du genre Nematus; par M. Leduc, pharmacien.

Bulletin de la Société de Géographie; tome 10; 2e série, in-8°.

Bulletin de la Société Industrielle d'Angers et du départ. de Maine-et-Loire; nos 5 et 6, 9e année, in-8°.

Bulletin de la Société Géologique de France; tome 9, feuilles 28—32, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 15—30 mars 1839, in-8°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; mars 1839, in-8°.

Flora Batava; 116e liv., in-4°.

Nova acta physico-medica Academiæ Cæsareæ, Leopoldino-Carolinæ naturæ Curiosorum; tome 18, part. 2, in-4°.

Eulogy.... *Éloge de M. le docteur* Bowditch; *par* M. Pickering. Boston, 1838, in-8°.

Astronomische... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; nos 367—373, in-4°.

Gradmessung.... *Mesure d'un arc de méridien dans la Prusse orientale; par* MM. Bessel et Baeyer; Berlin, 1838, in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 11.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 31—33, in-fol.

La France industrielle; 5e année, n° 89.

L'Expérience, journal; n° 89.

Gazette des Médecins praticiens; 1re année, n° 7.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 MARS 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Suite des Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétale; par MM. DE MIRBEL *et* SPACH.

SECONDE PARTIE. — *Remarques critiques et théoriques.*

« Les observations consignées dans la première partie de ce travail tracent une ligne bien nette de séparation entre nos doctrines et celles de M. Schleiden. Le Mémoire de ce savant, considéré dans ses résultats théoriques, fournit la matière de trois propositions générales qui se groupent et forment un système complet. Réduites à leur plus simple expression, elles vont être soumises l'une après l'autre à un examen critique.

PREMIÈRE PROPOSITION.

» *Quand l'axe de l'ovule fait avec l'axe du style un angle d'environ* 90 *degrés, une cavité ovoïde qui contient un suc limpide muqueux* (cambium, Mirb.), *se montre dans le nucelle tout près de son sommet. La formation de cette cavité annonce la naissance du sac embryonnaire* (sac embryonnaire, Ad. Brongn.; — quintine, Mirb.). *En effet, il ne tarde pas à pa-*

raître. Il grandit incessamment; il envahit, dans le nucelle, un espace considérable et se remplit d'une substance celluleuse.

» Cette première proposition n'offrira rien d'obscur aux phytologistes qui consulteront les dessins de l'auteur. Nous recommandons particulièrement à leur attention ceux qu'il a exécutés d'après le Maïs. Deux de ces dessins indiquent très bien la forme et la position de la petite cavité avant la naissance supposée du sac embryonnaire. Les deux autres représentent le sac complétement achevé, tel que M. Schleiden l'a vu, ou plutôt a cru le voir. Mais entre ces deux termes extrêmes, la naissance et la vieillesse, ne convenait-il pas de rechercher et d'étudier la série des modifications qui, conséquemment à l'hypothèse de M. Schleiden, devait établir la transition de l'un à l'autre?... M. Schleiden a négligé de le faire puisqu'il n'en dit mot. C'eût été pourtant un excellent moyen, soit pour reconnaître que le sac embryonnaire manque dans le Maïs, soit pour convaincre de légèreté ceux des phytologistes qui seraient tentés d'en nier la présence. Nous nous sommes livrés à ces recherches et n'avons rien découvert, la petite cavité exceptée, qui pût justifier les assertions de l'auteur. En revanche, nous avons obtenu la preuve que la petite cavité vieillit sans beaucoup s'agrandir; que, toujours fixée au sommet du nucelle, elle est entraînée par lui jusqu'à la base de l'ovule (1), et que, pendant que ce mouvement s'opère, le cambium qu'elle renferme devient l'utricule primordiale (*dépression du sac embryonnaire* ou *vésicule embryonnaire*, Ad. Brongn.). Ces remarques ne nous permettent pas d'adopter l'opinion de M. Schleiden. Nous la rejetons, non pas tant parce qu'il nous a été impossible de constater la réalité des faits sur lesquels il la fonde, que parce que ceux que nous avons observés sont inconciliables avec elle.

SECONDE PROPOSITION.

» *Quand la cavité ovoïde s'est accrue, et, en même temps, le sac embryonnaire qui la tapisse, le boyau issu du grain de pollen pénètre jusqu'au sommet du nucelle, pousse en avant la paroi du sac embryonnaire, qui cède à sa pression et forme un cœcum dans lequel il loge son extrémité antérieure.*

---

(1) La découverte du mouvement campulitrope de l'ovule des Graminées remonte à neuf ans. Elle est consignée dans nos *Additions aux nouvelles recherches sur la structure et les développements de l'ovule végétal*, lues à l'Académie des Sciences, le 28 décembre 1829. *Voyez* la Note page 657 et 658 des *Mémoires de l'Académie des Sciences*, imprimés en 1830.

» Cette seconde proposition est déjà réfutée par notre réponse à la première, puisque nous y soutenons que le sac embryonnaire manque dans beaucoup d'espèces, et, en particulier, dans celles de la famille des Graminées, et que l'utricule primordiale tire directement son origine du cambium, comme telle autre utricule que ce soit. Nous pourrions donc à la rigueur nous en référer à ce que nous avons dit plus haut; mais les preuves matérielles ne sont jamais trop nombreuses quand il s'agit de battre en ruine une doctrine erronée, qui compte parmi ses zélés partisans des hommes dont le nom fait autorité dans la science.

» Admettons par hypothèse que les choses existent et se comportent de la façon que le veut M. Schleiden. Il s'ensuivra que la portion de la paroi du sac embryonnaire, repliée en cœcum, servira de gaîne à l'extrémité du boyau sorti du grain de pollen, et que, grâce à la transparence des parties, tout observateur attentif, quelle que soit d'ailleurs son opinion sur la question qui nous occupe, pourra facilement constater la présence de deux expansions membraneuses et creuses dont l'une sera incluse dans l'autre. Nous avons cherché ces deux expansions et n'en avons trouvé qu'une, celle que M. Schleiden prend pour l'extrémité du boyau pollinique. Apparemment cet habile phytologiste n'a pas été plus heureux, puisque, dans aucun de ses dessins exécutés avec tant de soin, et en général si exacts, il n'a donné de corps au *cœcum*, qui n'est sans doute qu'un être imaginaire.

» Si le sac membraneux que nous nommons l'*utricule primordiale*, n'était que l'extrémité antérieure du boyau pollinique, dès la naissance de cette prétendue utricule, la partie postérieure du boyau se montrerait en dehors, et sa continuité jusque dans le nucelle, déciderait la question en faveur de M. Schleiden. Mais il en est autrement. L'utricule primordiale naît dans la cavité du nucelle, et, pendant long-temps, s'y loge tout entière. Hors de là, nul indice n'avertit qu'elle est présente. Ce n'est que par la dissection qu'on la rend visible. Alors son individualité devient manifeste.

» Nous ajouterons que dans l'état où nous prenons les choses, nulle relation ne s'est encore établie entre le pistil et le pollen du Maïs. Voici ce que contiennent nos notes, incomplètes sans doute, mais non pas inexactes : la longueur de l'ovaire égale à peine un millimètre et demi; celle du style, quatre à cinq centimètres; celle de l'épi, deux centimètres. Le tout est recouvert de sept à dix amples bractées dont les plus extérieures ont de neuf à douze centimètres de long; chacune est roulée sur elle-

même, et toutes sont étroitement emboîtées les unes dans les autres. Tant que subsiste cette disposition des bractées, il est impossible, ce semble, que le boyau pollinique arrive à sa destination. Pour défendre avec succès l'opinion contraire, il faudrait prouver non-seulement que le boyau acquiert une longueur démesurée, mais encore qu'il est doué d'un sens particulier, à la faveur duquel il se dirige dans l'étroit labyrinthe qui le sépare du pistil. Jusqu'à ce jour, cette preuve n'a pas été produite.

» Pour ne laisser aucune objection sans réponse, nous jugeâmes à propos de répéter et de compléter nos observations. A ce dessein, un semis de Maïs fut fait au Jardin du Roi, au mois d'août dernier. L'approche de la froide saison nous faisait craindre l'entier avortement des fleurs : il n'en fut rien; elles se montrèrent dans le cours d'octobre. Alors, depuis plus de deux mois, tous les vieux pieds de Maïs avaient complétement terminé leur floraison. Cette remarque n'est pas superflue; elle avertit que les anciennes fleurs mâles, fanées, desséchées, privées de leur pollen, étaient hors d'état de féconder les nouvelles fleurs femelles.

» Nous avions acquis depuis long-temps la conviction que la formation de l'utricule primordiale devance l'action du pollen; mais il fallait préciser les faits qui justifient cette doctrine. Pour y parvenir, nous prîmes sur le même pied, des fleurs mâles et des fleurs femelles naissantes, et nous les soumîmes simultanément à l'examen le plus scrupuleux. Dans un très court laps de temps, l'ovule opéra, sous nos yeux, son évolution campulitrope; la petite cavité du nucelle se forma; puis l'utricule primordiale; puis le cambium globulo-cellulaire. Le style et les stigmates étaient si peu développés, qu'il y a grande apparence que la fleur femelle n'était pas encore nubile. Dans le même temps, la fleur mâle se tenait cachée sous ses bractées. Aucun indice ne faisait soupçonner que les anthères dussent bientôt s'ouvrir. Leur tissu décoloré, demi-transparent et comme œdémateux, dénotait cet état d'étiolement propre aux parties végétales naissantes. Que conclure de cet ensemble d'observations sur les fleurs mâles et femelles du Maïs, sinon que les étamines ne sont pas encore adultes quand l'utricule primordiale approche du terme de son développement?

» Le mois de novembre arriva. Le seul pied d'*Euchlæna mexicana* qui fût dans les serres, était en fleur. Cette Graminée, voisine du Maïs, qui, de même que lui, porte sur la même tige les deux sexes séparés, nous offrit la répétition des faits que nous venons d'exposer.

» Plus anciennement, le *Sorghum vulgare* et le *Coix Lacryma* nous avaient fourni matière à de semblables remarques.

TROISIÈME PROPOSITION.

» *La partie du boyau pollinique logée dans le cœcum, se renfle en massue et produit, dans sa cavité, un tissu utriculaire qui la remplit et se moule sur elle ; tandis que la partie postérieure de ce même boyau, reste en dehors sous sa forme primitive de tube membraneux. Cette partie ne tardera pas à disparaître ; l'autre, métamorphosée en embryon, commencera une nouvelle génération. Il suit de là que l'étamine est essentiellement l'organe reproducteur, que le pistil ne sert qu'à la gestation, et que, dans les végétaux, le phénomène improprement nommé fécondation, n'a aucun rapport avec la fécondation des animaux.*

» Cette proposition et les deux précédentes offrent un mélange d'observations exactes, d'aperçus superficiels, de conclusions hasardées qu'on ne saurait débrouiller qu'en étudiant la série des faits dans l'ordre chronologique de leur apparition et sans laisser de lacune. Si M. Schleiden eût constamment suivi cette méthode, il n'aurait pas pris pour l'extrémité du boyau pollinique l'utricule primordiale, puisque la naissance de celle-ci précède l'intervention du pollen ; il aurait reconnu que le pistil joue le premier rôle dans la génération, puisque c'est lui qui engendre par sa propre vertu cette utricule primordiale, qui, conjointement avec les utricules qu'elle produit, commence l'embryon ; il aurait compris que le tube membraneux et flasque par lequel se termine la radicule naissante, n'est pas la partie postérieure du boyau pollinique, mais bien le suspenseur, appendice de l'article primordiale, puisque, dès l'origine, il ne fait qu'un avec elle, et que son allongement s'opère du dedans au dehors, et non du dehors au dedans. Ces faits et d'autres encore l'auraient amené à conclure que c'est à bon droit que les phytologistes admettent la fécondation dans les plantes, et, jusqu'à certain point, l'assimilent à celle des animaux.

» L'utricule primordiale, nous l'avons déjà dit, est la première ébauche du végétal, et, sur ce point important, nous nous accordons avec M. Schleiden ; mais, en opposition à lui, nous prétendons que l'ébauche reste impuissante, et sans avenir, si la fécondation ne lui vient en aide.

» Il n'est pas rare que des arbres très bien constitués en apparence, aient cependant une végétation si faible qu'on désespère de les conserver. Ce cas advenant, quelques cultivateurs suppriment les branches et y substituent des entes portant des bourgeons vigoureux. L'opération ranime quelquefois la végétation défaillante ; le cambium de l'ente et celui de

l'arbre se mettent en contact, s'unissent, se fortifient l'un par l'autre, et l'arbre est sauvé. Ce phénomène, fruit des efforts combinés de l'art et de la nature, nous révélerait-il le secret de la fécondation dans les plantes? S'il en était ainsi, on ne saurait nier que l'union des deux cambium, distincts par leur origine, analogues par leur essence, ne dût être beaucoup plus intime dans le produit de la fécondation que dans celui de la greffe, puisque la fécondation s'opérant à l'époque où l'embryon, très jeune, n'est presque tout entier qu'un mucilage celluleux, il deviendrait évident que son achèvement complet résulte non-seulement de la soudure des deux cambium à la rencontre de leur surface, comme cela se passe dans la greffe, mais encore de leur pénétration simultanée, de leur incorporation réciproque et de leur transformation en utricules, lesquelles se combinent diversement, tout en conservant intactes leurs qualités spéciales. Ainsi s'expliquerait de la manière la plus satisfaisante la création des êtres hybrides dans lesquels on trouve tantôt les traits du père, tantôt les traits de la mère, et tantôt l'alliance plus ou moins distincte des traits de l'un et de l'autre. Nous ne touchons qu'en passant à cette grave question. Le moment n'est pas venu de développer une doctrine jusqu'à ce jour plus riche d'inductions que de faits. Revenons à l'observation scrupuleuse de la nature.

» Dans ses recherches sur le Maïs, deux faits curieux ont échappé à M. Schleiden. Il n'a vu ni la double pointe que font la primine et la secondine dans le canal de l'ovaire, ni la grappe de très petites utricules ovoïdes qui couronnent l'utricule primordiale. Nous n'affirmerons pas que la grappe soit composée d'utricules primordiales avortées; mais nous avouerons que nous sommes tentés de le croire.

» Il est inexact de dire que la primine du Maïs laisse la secondine à découvert. La primine croît plus lentement sans doute, mais, en définitive, elle atteint le sommet du nucelle et cache parfaitement la secondine; de nombreuses observations nous l'ont prouvé.

» Tout le tissu utriculaire qui constitue le nucelle est très fin, très délicat, presque mucilagineux, parfaitement homogène. Ces caractères sont incompatibles avec l'existence d'un épiderme, lequel devrait être par sa consistance et sa structure, autant que par sa position, distinct du reste du tissu. Par conséquent, on aurait grand tort de répéter, d'après M. Schleiden, que la primine et la secondine sont des enveloppes formées par un repli de l'épiderme du nucelle. L'un de nous avait écrit antérieurement que les deux enveloppes étaient d'abord fermées, et que le nu-

celle en les perçant les rendait visibles : cette opinion n'était pas plus solide que la précédente. M. R. Brown seul a bien su apprécier les faits : la primine et la secondine sont des productions nouvelles; chacune commence par n'être qu'un bourrelet circulaire, puis elle s'étend en sac membraneux.

» Avant de terminer, qu'il nous soit permis, en présence de l'exemple qui nous est offert, d'insister de nouveau sur l'absolue nécessité d'adopter une bonne méthode d'observation. On se rappellera qu'à l'époque où l'axe de l'ovaire faisait un angle droit avec l'axe de l'épi, M. Schleiden vit naître au sommet du nucelle la petite cavité embryonnaire. C'était une heureuse découverte : il tenait le premier anneau de la chaîne des faits dont se compose la partie la plus importante et la moins connue de l'histoire de l'embryogénie végétale. Mais cette découverte, loin de l'éclairer, ne fut pour lui qu'une source d'erreurs. Le moyen d'en tirer avantage eût été de suivre pas à pas la petite cavité, jusqu'au moment où l'ovule termine son évolution campulitrope. Au contraire de cela, M. Schleiden l'a laissé marcher sans du tout s'inquiéter de ce qu'elle devenait, et quand il l'a retrouvée à la base de l'ovule comme par hasard, il ne l'a pas même reconnue. Elle n'a été à ses yeux qu'une portion déprimée de la paroi d'un sac embryonnaire qui n'a jamais existé. Si donc il s'est égaré, ce n'est faute de sagacité, ni de talent, ni de résistance au travail, ses écrits en font foi; c'est uniquement parce que la méthode d'investigation qu'il a suivie était vicieuse. Ses observations, au lieu de lui livrer une série de faits non interrompue, où toutes les modifications produites successivement par l'action de la puissance végétative, auraient été placées dans leur ordre naturel, ne l'ont conduit qu'à des faits isolés; et, dès-lors, il a bien fallu qu'il eût recours à des hypothèses pour remplir les lacunes.

» Après avoir signalé ce qui nous paraît erroné dans le travail si original de M. Schleiden, la justice veut que nous reconnaissions que personne jusqu'à lui, n'a publié un plus grand nombre d'observations anatomiques propres à éclairer la grave question qu'il croit avoir résolue. Que si de nouvelles recherches entreprises par d'autres, conduisent forcément à des conclusions toutes contraires aux siennes, ce n'est certes pas une raison pour ne lui savoir aucun gré des faits qu'il a découverts. Ils sont pour toujours acquis à la science, quel que soit d'ailleurs le sort de ses doctrines. »

Nouvelles recherches sur les effets électriques de contact; par M. **Becquerel**.

PREMIÈRE PARTIE. — *Effets électriques de contact dans les corps solides.*

« Les phénomènes électriques de contact, quelle que soit leur cause productive, ont une telle importance, en raison de leurs rapports avec les affinités et les actions moléculaires, en général, qu'on ne saurait les étudier avec trop de soin.

» Volta crut pouvoir les expliquer au moyen d'une force électromotrice. Fabroni leur attribua une origine chimique. Tour à tour ces deux opinions ont été alternativement combattues et défendues par Wollaston, Davy et autres physiciens; mais ce n'est réellement que lorsqu'on eut analysé les effets électriques qui ont lieu dans les actions chimiques, que l'on fut obligé d'admettre l'influence immédiate des réactions chimiques sur les phénomènes électriques de contact, du moins dans le plus grand nombre de cas.

» M. de la Rive est un des physiciens de cette époque qui ont le plus contribué à ébranler la théorie de Volta, en s'appuyant sur une foule d'expériences ingénieuses dont il a discuté les résultats avec la plus grande sagacité. De mon côté, depuis dix-huit ans, je me livre sans interruption à des recherches électro-chimiques, qui démontrent rigoureusement que l'action chimique est une des causes les plus déterminantes du dégagement de l'électricité dans le contact. Méconnaître cette cause, c'est-à-dire l'origine chimique dans la plupart des phénomènes de contact, c'est nier l'évidence, c'est se refuser de croire à ce qui existe; car cette foule de composés chimiques que j'ai mis souvent sous vos yeux, dont plusieurs sont analogues aux substances que l'on trouve dans la terre, et dont les autres n'ont pu être formés jusqu'ici par les moyens ordinaires de la Chimie, doivent leur formation à l'action lente de courants électriques produits dans le contact, suivi d'une réaction chimique de deux liquides l'un sur l'autre, ou d'un liquide sur un corps solide. D'un autre côté, cette pile à courants constants, avec laquelle on obtient des torrents d'oxigène, n'est formée que de potasse, d'acide nitrique et de deux lames de platine, et son action est due encore au contact suivi d'une réaction chimique des deux solutions l'une sur l'autre. Je pourrais rappeler des milliers de faits bien constatés qui prouvent que les courants électriques, fonctionnant d'une manière continue, comme force chimique, ont une origine chimique, calorifique, mécanique, ou d'induction, sans qu'on y trouve aucune trace d'actions électromotrices.

» J'ai entretenu un trop grand nombre de fois l'Académie des bases sur

lesquelles repose l'électro-chimie, pour y revenir aujourd'hui à l'occasion des effets de contact.

» Je me suis borné à reprendre quelques points de la science qui sont encore controversés, afin de m'assurer si les opinions que j'ai émises concernant la cause des effets de contact, ne devaient pas être modifiées par suite des découvertes dont la Physique s'est enrichie depuis quelques années. J'ai répété plusieurs séries d'expériences, j'en ai fait de nouvelles, et c'est l'ensemble de ce travail, divisé en deux parties, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie. Pour me mettre autant que possible à l'abri des effets électro-chimiques, j'ai soumis à l'expérience, comme je l'ai fait depuis long-temps, des substances qui, exposées depuis des siècles aux intempéries des saisons, n'ont éprouvé aucune altération sensible à en juger par l'état des surfaces. Je citerai particulièrement le platine, l'or, le peroxide de manganèse, le persulfure et le carbure de fer, etc. Toutes les précautions ont été prises comme je l'avais fait dans mes recherches antérieures pour que les surfaces de ces corps soient très nettes.

» Voici les résultats que j'avais annoncés anciennement et que j'ai confirmés de nouveau : le platine et l'or ne donnent lieu à aucun dégagement d'électricité par leur contact mutuel ; ces deux métaux sont positifs par rapport au peroxide de manganèse et au carbure de fer, et ne donnent aucun effet avec le protoxide de cuivre, le persulfure de fer, le deutoxide de fer préparé avec l'eau, le fer oligiste, etc. Le peroxide de manganèse et le carbure de fer sont au contraire électriques négativement pendant leur contact avec ces substances.

» Tous ces effets sont-ils dus à la force électromotrice de Volta, ou bien à des réactions chimiques inaperçues jusqu'ici et dont M. de la Rive nous a donné un exemple dans le platine, ou bien à un nouvel état de la matière qui a été annoncé, il y a quelques années, par M. Peltier, qui a fait connaître à ce sujet plusieurs expériences auxquelles on n'a peut-être pas assez fait attention, et que je rappellerai dans un instant. Nous allons aborder ces diverses questions. Je commencerai d'abord par montrer que je n'ai pas varié dans mes opinions. On trouve le passage suivant, *Traité de l'Électricité et du Magnétisme*, t. II, p. 145 : « Nous devons conclure » de tous les phénomènes électriques qui ont été observés jusqu'ici dans » le contact des corps que, dans presque tous les cas, il y a eu action » chimique, et que dès-lors on est porté à croire que cette dernière cause » est celle qui exerce le plus d'influence sur leur production. Néanmoins, » dans l'état actuel de la science, on ne doit pas encore abandonner la

» théorie de Volta, attendu qu'il peut très bien se faire qu'au contact de » deux corps il y ait un dégagement d'électricité résultant d'un commen- » cement de réaction chimique entre ces corps. » On trouve plus loin, t. III, p. 418 : « Nous pensons qu'il peut très bien se faire que, lorsque deux » corps sont en contact, les affinités commencent à exercer leur action, » avant qu'il y ait combinaison, et qu'il en résulte des effets électriques par » suite du trouble qui survient dans la position d'équilibre des molécules. »

» Plus loin encore, t. V, p. 35 : « Quoique nous reconnaissions une ori- » gine purement chimique à l'électricité voltaïque, et que l'eau réagisse sur » le peroxide de manganèse pour le changer en hydrate, on peut se de- » mander quelle est la nature de l'action chimique que l'eau distillée » exerce sur la plombagine et surtout sur l'anthracite, dont la force de » cohésion est si considérable, que cette substance résiste jusqu'à un cer- » tain point à l'action du feu. Dans l'impossibilité de répondre à cette ques- » tion, nous émettons de nouveau l'opinion qu'il peut très bien se faire » qu'il y ait trouble dans l'état d'équilibre de l'électricité des deux corps » en contact, quand l'attraction de ces corps est suffisante pour opérer » cette perturbation, mais non pour vaincre la force de cohésion qui s'op- » pose à leur combinaison. »

» On voit donc que je me suis borné à rapporter fidèlement les faits tels que je les ai observés, et à les expliquer sans chercher à les faire entrer de force dans l'une des deux théories qui ont divisé les physiciens depuis Volta, fidèle en cela au principe que j'ai adopté depuis long-temps, de ne m'attacher en général qu'aux théories qui s'appliquent au plus grand nombre de faits.

» Commençons l'examen des effets de contact par ceux qui ont été publiés par Davy. Dans son Mémoire sur les effets de l'électricité chimique (*Annales de Chimie*, t. LXIII, p. 230) il rapporte les faits suivants dont il tire des conséquences, pour la théorie électro-chimique, qui sont inadmissibles, comme je vais le prouver.

« Les substances alcalines et acides qui peuvent exister sous la forme » sèche et solide, donnent avec les métaux des électricités très sensibles » qui n'exigent que l'électromètre à feuilles d'or avec un petit disque con- » densateur.

» Lorsqu'on touchait avec un plateau de cuivre, isolé avec un manche » de verre, l'acide oxalique, succinique, benzoïque ou boracique parfaite- » ment secs, soit en poudre soit en cristaux, sur une surface étendue, on » trouvait le cuivre dans l'état positif, l'acide dans l'état négatif... d'au-

» tres métaux, le zinc et l'étain, par exemple, produisent le même effet...
» Quand on mit en contact des disques métalliques avec la chaux sèche,
» la strontiane ou la magnésie, le métal devint négatif... Un morceau
» de chaux sèche, faite avec la pierre calcaire secondaire compacte et très
» dure, et taillée de manière qu'elle présentait une grande surface unie,
» devint électrique positivement par des contacts réitérés avec des cris-
» taux d'acide oxalique. Des cristaux placés sur un électromètre conden-
» sateur et touchés à plusieurs reprises par la chaux que l'on déchargeait
» après chaque contact, rendirent les feuilles d'or négativement électri-
» ques. » Plus loin Davy ajoute (page 238) : « Parmi les substances qui se
» combinent chimiquement, celles dont l'énergie électrique est bien con-
» nue présentent des effets opposés.

» Ces faits sont exacts, mais les causes d'où ils dérivent ne le sont pas, car ils sont dus, non au simple contact mais bien au frottement, les unes sur les autres, de substances, telles que les acides végétaux et la chaux, qui étant très secs ne sont pas conducteurs de l'électricité et ne peuvent ainsi s'électriser par contact à la manière de Volta.

» *Première expérience.* — On adapte à un excellent électroscope, disposé comme il est dit dans mon ouvrage, deux plateaux condensateurs entièrement en platine. Les deux plateaux dont j'ai fait usage appartiennent à l'Académie. On touche l'un des deux avec un morceau de chaux bien sèche et l'autre avec le doigt; en séparant les plateaux, on trouve qu'il n'y a aucun effet électrique de produit.

» *Deuxième expérience.* — On met sur une planche de bois bien sec, une couche de chaux calcinée et également sèche, puis on pose dessus, avec précaution, sans exercer de frottement, un disque de cuivre fixé à un manche isolant; on le retire et on le met en contact avec l'un des plateaux du condensateur, en touchant l'autre avec le doigt. En répétant un certain nombre de fois de semblables contacts on n'obtient jamais de charge électrique; mais, si au lieu de poser avec précaution le disque de cuivre sur la chaux on le pose avec frottement, on parvient à charger le condensateur après un petit nombre de contacts; la charge même est d'autant plus marquée que le frottement a été plus fort. La chaux prend l'électricité positive et le métal l'électricité négative.

» *Troisième expérience.* — En substituant à la chaux un des acides ci-dessus mentionnés, bien sec, on obtient également, par le frottement et non par le simple contact, une charge d'électricité; dans ce cas le métal prend l'électricité positive, et l'acide, l'électricité négative. Enfin en soumettant à

l'expérience des cristaux d'acide oxalique et de la chaux, l'un et l'autre bien secs, on obtient des effets analogues, mais seulement quand il y a eu frottement.

» Il est donc bien démontré par là que les résultats obtenus par Davy sont dus à des effets électriques de frottement et non à l'action électromotrice de Volta. Il ne peut pas en être autrement puisque la chaux, ainsi que les acides végétaux, sont des corps mauvais conducteurs quand ils sont bien secs: pour le prouver, il suffit de poser sur le plateau supérieur du condensateur l'un d'eux, la chaux en poudre, par exemple, de manière à former une couche de quelques millimètres d'épaisseur, et de poser dessus un corps conducteur auquel on communique une très faible charge d'électricité; on voit alors que la chaux ne transmet pas au plateau du condensateur cette faible charge. Il résulte évidemment de là que la loi donnée par Davy, pour établir les relations entre les affinités chimiques et les effets électriques du contact, n'est pas exacte. Je dis plus; cette loi n'a pas la généralité qu'il lui supposait : en effet, dans le contact suivi de frottement du cuivre avec la chaux, le cuivre prend l'électricité négative et la chaux l'électricité positive, comme Davy l'avait reconnu; mais avec d'autres bases, telles que l'alumine et la magnésie, les effets sont inverses; après la calcination le dégagement de l'électricité est bien marqué; l'oxide de zinc très sec se comporte de même par rapport au cuivre. Ces exemples, qui seraient des anomalies dans la loi de Davy, suffisent pour l'infirmer. Je le répète, il a été induit en erreur sur la véritable cause du phénomène.

» Examinons maintenant le point principal de la discussion, les effets électriques de contact quand deux corps conducteurs sont mis en contact, indépendamment de toute réaction chimique des deux corps l'un sur l'autre, ou de la part d'un agent extérieur sur l'un d'eux; mais, avant, je commencerai par rappeler les idées singulières et originales de M. Peltier, sur les effets électriques de contact, attendu qu'elles reposent sur des expériences assez importantes. M. Peltier ayant pris pour plateaux condensateurs un plateau d'or et un autre de platine, et les ayant fait communiquer ensemble au moyen d'un fil de platine, le premier s'empara d'un excès d'électricité positive, le second d'un excès d'électricité négative; ce résultat, quoiqu'en apparence favorable à la doctrine de Volta, peut être interprété d'une autre manière, comme on le verra ci-après. Le même physicien ayant préparé ensuite avec soin quatre plateaux de verre, recouvrit le premier de feuilles de platine, le second de feuilles d'or, le

troisième de feuilles d'argent, le quatrième de feuilles d'étain, comme je l'ai fait dans mes premières expériences sur le contact. Ces plateaux furent successivement vissés à un excellent électroscope à feuilles d'or, et les trois autres servirent alternativement de plateau supérieur ou de condensateur. Un appareil, à force d'électricité constante, ayant été préparé, chacun de ses pôles fut mis en communication avec l'un des plateaux, et chaque fois l'ordre interverti. M. Peltier reconnut alors que tous les métaux ne possèdent pas au même degré la faculté de condenser chacune des deux électricités. Voici l'ordre des métaux pour la puissance de condenser l'électricité négative : platine, argent, or, étain. Ayant formé ensuite un couple avec deux plateaux, l'un de platine, l'autre d'or, ce plateau fut placé entre le collecteur en argent et le condensateur en étain, et l'on fit communiquer ensuite ensemble, d'une part le collecteur et le condensateur au moyen d'un arc en platine isolé ; de l'autre, le couple platine et or avec la terre, par l'intermédiaire d'un fil de platine. Les effets varièrent selon que l'un des deux métaux du couple interposé était placé en haut ou en bas. Quand le disque d'or était tourné du côté du collecteur, la charge négative était notable sur ce dernier ; si le contraire avait lieu, il n'y avait aucun effet de produit, ou bien un effet très faible. D'autres couples interposés, communiquant également avec le globe, donnèrent lieu à des résultats analogues ; de sorte qu'on a toujours obtenu une différence d'état dans les plateaux en contact, selon la nature du métal de la face du couple qui regardait chaque plateau.

» M. Peltier a cru devoir conclure de ces expériences et d'autres, que je ne rapporte pas ici, que dans leur état d'équilibre naturel, les métaux possèdent des quantités différentes d'électricité, soit positive, soit négative, suivant leur nature, qu'aucun corps ne saurait leur enlever, attendu qu'elle est inhérente à leur nature, et que c'est en vertu de cette électricité propre, que les deux plateaux du condensateur reçoivent des charges différentes, quand on les a fait communiquer ensemble, après avoir interposé entre eux un couple de deux métaux, non isolé, suivant que l'un de ces deux métaux est placé en haut ou en bas. C'est en s'appuyant également sur cette électricité inhérente aux particules des métaux qu'il a voulu expliquer les effets électriques de contact dans lesquels on n'aperçoit aucune trace d'actions chimiques.

» M. de la Rive, qui avait déjà observé quelques faits qui ont de l'analogie avec ceux que je viens de rapporter, les a expliqués, en admettant que tous les métaux, sans en excepter le platine, éprouvent de la part de

l'air et des agents qui se trouvent dans l'atmosphère, des altérations qui les rendent négatifs, tandis que les couches oxidées adhérentes aux surfaces sont positives, et que c'est à cet état électrique qu'il faut attribuer la propriété que possède chaque métal de condenser plus ou moins facilement telle ou telle électricité.

» Sans chercher à discuter ces deux opinions, je vais rapporter les expériences que j'ai faites, dans le but de m'éclairer sur l'état de la question, en me servant d'un excellent électroscope, de plateaux condensateurs tout en platine, et de deux plateaux en verre doré.

» Soient d'abord deux plateaux de platine; si l'on touche le plateau inférieur avec une lame d'or et le plateau supérieur avec un doigt humecté avec de l'eau distillée, et qu'on les sépare, on n'obtient jamais de charge électrique, et cela quelle que soit la sensibilité de l'électroscope, pourvu qu'on évite les effets de frottement, qui sont des causes efficaces de dégagement d'électricité, comme on en a la preuve en substituant aux électroscopes ordinaires, des doubleurs qu'on a abandonnés depuis longtemps en raison de cet inconvénient.

» J'avais déjà annoncé ce fait il y a plus de dix ans à l'Académie, en ajoutant que le simple contact de deux métaux hétérogènes ne devait pas être toujours considéré comme cause du dégagement de l'électricité.

» Je vais mettre maintenant ce résultat en regard avec celui qui a été obtenu par M. Peltier, dans l'expérience précédemment citée.

» Lorsque deux disques condensateurs, l'un de platine, l'autre d'or, sont mis en contact et communiquent au moyen d'un arc de platine, tenu à la main par un manche isolant, le platine prend l'électricité négative, l'or l'électricité positive. Le fait est exact, il ne s'agit plus que de l'expliquer.

» Les partisans de la doctrine du contact, le considèrent comme une preuve de l'existence de la force électromotrice, attendu que dans l'expérience il n'y a pas de contact du doigt mouillé avec un métal. M. de la Rive répond à cela que le platine éprouve de l'air une action lente qui le rend négatif, d'où résultent les effets observés. M. Peltier, tout en reconnaissant un état négatif dans le platine, soutient que cet état est inhérent à sa nature, et que les effets observés sont dus à la différence des états électriques propres des deux métaux qui s'influencent réciproquement au contact.

» Je ferai remarquer, à ce sujet, que si l'action électromotrice est ici la cause du phénomène, ou bien si le platine est négatif, par suite d'une oxidation lente de la part de l'air, pourquoi n'ai-je obtenu aucun résultat en touchant l'un des plateaux de platine avec une lame d'or? La réponse me

paraît difficile. Tout ce que l'on peut dire pour l'instant, c'est que le platine, quelle qu'en soit la cause, paraît être dans un état négatif continuel, qui ne peut être détruit que dans les cas que je vais indiquer. Cet état est tel, qu'il n'y a que l'électricité des parties en présence des plateaux condensateurs qui puisse être condensée.

» J'opère maintenant avec les deux plateaux condensateurs d'or et de platine, placés l'un sur l'autre; si l'on touche le premier, quelle que soit sa position par rapport à l'autre, avec un doigt humecté d'eau et le second avec un doigt humecté d'une solution étendue d'eau régale, l'appareil ne se charge pas. Le contact, avec le platine, du doigt humecté d'eau acidulée, a donc suffi pour détruire l'état négatif de ce dernier. En opérant avec une solution plus concentrée, les effets sont encore nuls, bien qu'il se produise une réaction chimique, qui rend le platine négatif; mais, il n'en est plus de même si l'on substitue à la solution d'eau régale une solution alcaline : dans ce cas on a des effets électriques très marqués. En expérimentant avec les deux plateaux condensateurs en platine, ou les deux plateaux d'or, on a des effets analogues et dépendants de la cause que je vais signaler. Je ferai d'abord remarquer qu'il faut tenir compte des effets électro-chimiques produits dans le contact des solutions acides ou alcalines avec les liquides qui humectent les doigts; dans ces diverses réactions, les acides prennent l'électricité positive, qui est transmise au plateau, et les liquides humectants ou les doigts, l'électricité négative. Avec les alcalis, les effets sont inverses. Ces effets-là ne peuvent être l'objet d'un doute.

» Je reprends le cas où le plateau de platine est en présence du plateau d'or; quand on touche le premier avec un acide, il n'y a aucun effet de produit, parce que l'électricité positive qu'a prise l'acide dans la réaction sur l'eau du doigt, neutralise l'électricité contraire que possède le platine. Avec la potasse les effets doivent être exaltés, attendu que la potasse communique de l'électricité négative au platine, laquelle s'ajoute à celle qui lui est propre. Ces expériences tendent donc à prouver que réellement le platine a une électricité propre indépendamment de tout contact avec un corps humide. Avec l'or on ne trouve pas les mêmes effets qu'avec le platine, du moins à un degré aussi marqué, parce que si ce métal a un état électrique négatif, il n'est pas aussi fort que celui du platine.

» Si le platine possède réellement un état négatif qui lui est propre, quelle qu'en soit la cause, les autres métaux doivent avoir également un état électrique dépendant de leur nature, lequel doit compliquer les effets

électriques produits quand ces métaux sont attaqués par des agents chimiques.

» Si cet état électrique existe, il doit prédisposer plus ou moins les molécules de chaque métal à se combiner avec un acide ou un alcali, selon cet état. Ainsi le platine, qui est négatif relativement aux autres métaux, doit repousser les acides avec lesquels il tend à se combiner et attirer au contraire les alcalis. Peut-être est-ce en partie à cette cause qu'il faut attribuer le peu d'affinité de ce métal pour les acides, tandis qu'il en a une assez marquée pour les alcalis, ainsi que l'action qu'exerce le platine en éponge sur l'hydrogène, qui, étant condensé et se trouvant dans un état électrique convenable, se combine aisément avec l'oxigène.

» Dans la seconde partie de ce Mémoire, j'examinerai, avec de semblables développements, le contact des métaux et des liquides, non suivi d'actions chimiques. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE.—*Méthode générale propre à fournir les équations de condition relatives aux limites des corps dans les problèmes de physique mathématique; par* **M. AUGUSTIN CAUCHY.**

(Voir le numéro précédent.)

§ II. *Application du principe fondamental à un système d'équations différentielles linéaires.*

« La variable indépendante x étant toujours censée représenter une coordonnée perpendiculaire à un plan fixe, supposons que les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

soient déterminées en fonction de x par un système d'équations différentielles linéaires, et admettons d'abord que ces équations différentielles, étant toutes réduites au premier ordre, se présentent, quel que soit x, sous la forme

$$(1)\qquad \frac{d\xi}{dx} = \mathrm{X},\quad \frac{d\eta}{dx} = \mathrm{X},\quad \frac{d\zeta}{dx} = \mathrm{Z},\ldots$$

X, Y, Z,... désignant des fonctions linéaires de ξ, η, ζ,... dont chacune se trouve exprimée par une somme de termes respectivement proportionnels à ξ, η, ζ... Si, dans les sommes ou polynomes X, Y, Z,... les coefficients de ξ, η, ζ,... sont constants, un moyen fort simple d'obtenir un système d'intégrales particulières des équations (1) sera de supposer

$$(2)\qquad \xi = Ae^{\varkappa x},\quad \eta = Be^{\varkappa x},\quad \zeta = Ce^{\varkappa x},\ldots$$

A, B, C,... $\varkappa$ étant des constantes propres à vérifier les formules

$$(3)\qquad \varkappa A = \mathcal{A},\quad \varkappa B = \mathcal{B},\quad \varkappa C = \mathcal{C},\ldots$$

dans lesquelles $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$... désignent ce que deviennent les fonctions linéaires X, Y, Z,... quand on y remplace les variables principales ξ, η, ζ,... par ces mêmes constantes A, B, C,... Si l'on nomme n le nombre des équations (1), n sera encore le nombre des formules (3); et il suffira d'éliminer entre ces dernières les constantes A, B, C,... pour obtenir une équation en $\varkappa$ qui sera généralement du degré n. Soit

$$(4)\qquad \mathcal{X} = 0$$

cette dernière équation. A chacune de ses racines correspondra généralement un seul système de valeurs des rapports

$$\frac{B}{A},\quad \frac{C}{A},\ldots$$

déterminés par les formules (3). Mais l'une des constantes

$$A,\ B,\ C,\ldots$$

la première, par exemple, restera indéterminée. Un système d'intégrales des équations (1) fourni, comme on vient de l'expliquer, par les équations (2) jointes aux formules (3) et (4), sera ce que nous nommerons un système d'*intégrales simples*. Un semblable système se trouvera particulièrement caractérisé par la valeur attribuée au coefficient $\varkappa$ de x dans l'exponentielle népérienne $e^{\varkappa x}$, à laquelle les valeurs des variables principales seront toutes proportionnelles; et, pour cette raison, lorsqu'un système d'intégrales simples sera déduit d'une des valeurs de $\varkappa$ déterminées par l'équation (4), cette valeur de $\varkappa$ sera nommée la *caractéristique* du système.

» Il est bon d'observer que, si l'on met de côté la première des formules (3), le système des suivantes pourra être remplacé par une équation multiple de la forme

$$(5)\qquad \frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{C}{c} = \ldots,$$

a, b, c... désignant des fonctions entières de $\varkappa$, dont la première sera du degré $n - 1$, et les autres du degré $n - 2$. D'ailleurs, on vérifiera la formule (5), en prenant

$$(6)\qquad A = aK,\quad B = bK,\quad C = cK,\ldots$$

quelle que soit la valeur attribuée à la constante K. Cela posé, les équations (2) donneront généralement

$$(7) \qquad \xi = \mathrm{K}ae^{\varkappa x}, \quad \eta = \mathrm{K}be^{\varkappa x}, \quad \zeta = \mathrm{K}ce^{\varkappa x}, \ldots$$

$a, b, c, \ldots \varkappa$, K désignant des constantes qui seront toutes déterminées à l'exception de la *constante arbitraire* K. Ajoutons que, pour obtenir l'équation (4), il suffira de remplacer dans la première des équations (3) les coefficients

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C}, \ldots$$

par

$$a,\ b,\ c, \ldots$$

» Soient maintenant

$$\varkappa_1,\ \varkappa_2, \ldots \varkappa_n$$

les diverses valeurs de la caractéristique $\varkappa$ fournies par l'équation (4), et

$$a_1, b_1, c_1, \ldots, \quad a_2, b_2, c_2, \ldots, \text{ etc.} \quad a_n, b_n, c_n, \ldots$$

les valeurs correspondantes de $a, b, c \ldots$ Aux n valeurs de $\varkappa$ répondront les systèmes d'intégrales simples

$$(8) \qquad \xi = \mathrm{K}_1 a_1 e^{\varkappa_1 x}, \quad \eta = \mathrm{K}_1 b_1 e^{\varkappa_1 x}, \quad \zeta = \mathrm{K}_1 c_1 e^{\varkappa_1 x}, \text{ etc.},$$

$$(9) \qquad \xi = \mathrm{K}_2 a_2 e^{\varkappa_2 x}, \quad \eta = \mathrm{K}_2 b_2 e^{\varkappa_2 x}, \quad \zeta = \mathrm{K}_2 c_2 e^{\varkappa_2 x}, \text{ etc.},$$

etc.

$$(10) \qquad \xi = \mathrm{K}_n a_n e^{\varkappa_n x}, \quad \eta = \mathrm{K}_n b_n e^{\varkappa_n x}, \quad \zeta = \mathrm{K}_n c_n e^{\varkappa_n x}, \text{ etc.}$$

dont le nombre sera encore égal à n, et dans lesquels les n coefficients

$$\mathrm{K}_1,\ \mathrm{K}_2, \ldots \mathrm{K}_n$$

resteront arbitraires. Cela posé, on vérifiera généralement les équations (1) en prenant

$$(11) \qquad \begin{cases} \xi = \mathrm{K}_1 a_1 e^{\varkappa_1 x} + \mathrm{K}_2 a_2 e^{\varkappa_2 x} + \ldots + \mathrm{K}_n a_n e^{\varkappa_n x}, \\ \eta = \mathrm{K}_1 b_1 e^{\varkappa_1 x} + \mathrm{K}_2 b_2 e^{\varkappa_2 x} + \ldots + \mathrm{K}_n b_n e^{\varkappa_n x}, \\ \zeta = \mathrm{K}_1 c_1 e^{\varkappa_1 x} + \mathrm{K}_2 c_2 e^{\varkappa_2 x} + \ldots + \mathrm{K}_n c_n e^{\varkappa_n x}, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

Ces dernières formules, qui renfermeront n constantes arbitraires

$$\mathrm{K}_1,\ \mathrm{K}_2, \ldots, \mathrm{K}_n,$$

seront propres à représenter les intégrales générales des équations (1); et, pour les transformer en intégrales principales, il suffira d'en tirer les va-

leurs de ces mêmes constantes exprimées en fonction de toutes les variables

$$x,\ \xi,\ \eta,\ \zeta \ldots$$

On y parviendra sans peine, en combinant entre elles par voie d'addition les formules (11), respectivement multipliées par des facteurs auxiliaires

$$\lambda,\ \mu,\ \nu \ldots$$

tellement choisis, que toutes les constantes arbitraires se trouvent éliminées à l'exception d'une seule. En effet, si l'on prend pour $\varkappa$ l'une des caractéristiques

$$\varkappa_1,\ \varkappa_2, \ldots \varkappa_n,$$

et, si l'on choisit λ, μ, ν, ... de manière à vérifier les équations de condition

$$(12)\qquad \begin{cases} \lambda a_1 + \mu b_1 + \nu c_1 + \ldots = 0, \\ \lambda a_2 + \mu b_2 + \nu c_2 + \ldots = 0, \\ \text{etc.} \\ \lambda a_n + \mu b_n + \nu c_n + \ldots = 0, \end{cases}$$

à l'exception, toutefois, de celle qui correspond à la caractéristique donnée $\varkappa$, on tirera des formules (11)

$$(13)\qquad \lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots = \mathrm{K}(\lambda a + \mu b + \nu c + \ldots)e^{\varkappa x},$$

par conséquent,

$$(14)\qquad (\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots)e^{-\varkappa x} = \mathrm{K}(\lambda a + \mu b + \nu c + \ldots).$$

Si, d'ailleurs, on nomme

$$\xi_0,\ \eta_0,\ \zeta_0, \ldots$$

les valeurs de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta, \ldots$$

correspondantes à $x = 0$, l'équation (14) entraînera la suivante

$$(15)\qquad (\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots)e^{-\varkappa x} = \lambda\xi_0 + \mu\eta_0 + \nu\zeta_0 + \ldots,$$

qu'on peut encore écrire ainsi

$$(16)\qquad \left(\xi + \frac{\mu}{\lambda}\eta + \frac{\nu}{\lambda}\zeta + \ldots\right)e^{-\varkappa x} = \xi_0 + \frac{\mu}{\lambda}\eta_0 + \frac{\nu}{\lambda}\zeta_0 + \ldots,$$

et dans laquelle les rapports

$$\frac{\mu}{\lambda},\quad \frac{\nu}{\lambda},\quad \text{etc.} \ldots$$

se trouveront, en général, complétement déterminés pour chaque valeur déterminée de la caractéristique $\varkappa$. Enfin, en attribuant successivement à $\varkappa$ les diverses valeurs

$$\varkappa_1,\ \varkappa_2,\ldots \varkappa_n,$$

on déduira successivement de la formule (15) ou (16) n intégrales principales des équations (1).

»Au reste, pour arriver directement à la formule (15), il suffit de combiner entre elles par voie d'addition les équations (1) respectivement multipliées par des facteurs constants

$$\lambda,\ \mu,\ \nu,\ldots$$

choisis de manière que la fonction linéaire de ξ, η, ζ,... représentée par le polynome

$$\lambda X + \mu Y + \nu Z + \ldots$$

devienne proportionnelle à la somme

$$\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots,$$

et par conséquent de manière que l'on ait

(17) $$\frac{\lambda X + \mu Y + \nu Z + \ldots}{\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots} = \varkappa,$$

$\varkappa$ désignant un rapport constant. Alors, en effet, on tirera des équations (1)

(18) $$\frac{d(\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots)}{dx} - \varkappa(\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots) = 0,$$

puis en multipliant chaque terme par $e^{-\varkappa x}$, et posant pour abréger

(19) $$S = (\lambda\xi + \mu\eta + \nu\zeta + \ldots)\, e^{-\varkappa x},$$

on réduira la formule (18) à

(20) $$\frac{dS}{dx} = 0.$$

Or, en nommant S_0 ce que devient S pour $x = 0$, de sorte qu'on ait

(21) $$S_0 = \lambda\xi_0 + \mu\eta_0 + \nu\zeta_0 + \ldots,$$

et intégrant l'équation (20), on obtiendra la formule

(22) $$S = S_0,$$

qui coïncide avec l'équation (15).

» Les deux méthodes que nous venons d'appliquer à la recherche des intégrales principales d'un système d'équations linéaires, sont connues depuis long-temps. Mais il était nécessaire de les rappeler en peu de mots, pour faciliter l'intelligence de plusieurs propositions remarquables que nous allons établir.

» Supposons maintenant que, du côté des x positives, et dans le voisinage du plan fixe donné, les équations différentielles auxquelles doivent satisfaire les variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

changent de forme et deviennent

$$(23) \qquad \frac{d\xi}{dx} = X + \mathfrak{X}, \quad \frac{d\eta}{dx} = Y + \mathfrak{Y}, \quad \frac{d\zeta}{dx} = Z + \mathfrak{Z}, \text{ etc.} \ldots$$

$\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z}, \ldots$ désignant des fonctions linéaires de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ dont chacune se compose de termes respectivement égaux aux produits de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ par des facteurs qui ne soient plus constants, mais qui varient avec x, et s'évanouissent sensiblement à une distance finie du plan fixe, par exemple, quand x surpasse la distance très petite ε. En supposant les facteurs auxiliaires

$$\lambda, \mu, \nu, \ldots$$

choisis comme il a été dit ci-dessus, et faisant pour abréger

$$(24) \qquad \mathfrak{s} = (\lambda\mathfrak{X} + \mu\mathfrak{Y} + \nu\mathfrak{Z} + \ldots)\, e^{-\varkappa x},$$

on déduira des équations (23), non plus la formule (20), mais la suivante

$$(25) \qquad \frac{dS}{dx} = \mathfrak{s}.$$

Par suite, pour que l'intégrale principale (16) ou (22) continue de subsister quand on aura égard au changement de forme des équations différentielles auxquelles doivent satisfaire les valeurs réelles de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ il sera nécessaire, conformément au principe fondamental exposé dans le premier paragraphe : 1° que l'intégrale

$$(26) \qquad \int_0^x \mathfrak{s}\, dx = \int_0^x (\lambda\mathfrak{X} + \mu\mathfrak{Y} + \nu\mathfrak{Z} + \ldots)\, e^{-\varkappa x}\, dx$$

puisse être réduite sans erreur sensible à l'intégrale définie singulière

$$(27) \qquad \int_0^\varepsilon \mathfrak{s}\, dx;$$

2° que le produit

$$(28) \qquad \varepsilon\mathfrak{s}$$

soit très petit par rapport à S_0. D'autre part, si l'on substitue les valeurs générales de $\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z}, \ldots$ dans la somme

$$\lambda\mathfrak{x} + \mu\mathfrak{y} + \nu\mathfrak{z} + \ldots,$$

on verra cette somme se réduire, aussi bien que $\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z}, \ldots$ à des fonctions linéaires de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ On aura donc

$$(29) \qquad \lambda\mathfrak{x} + \mu\mathfrak{y} + \nu\mathfrak{z} + \ldots = L\xi + M\eta + N\zeta + \ldots,$$

L, M, N,... étant des fonctions de la seule variable x, qui renfermeront d'ailleurs les facteurs auxiliaires $\lambda, \mu, \nu, \ldots$ et qui s'évanouiront sensiblement à une distance finie du plan fixe. Donc les intégrales (26) et (27) seront de la forme

$$(30) \qquad \int_0^x (L\xi + M\eta + N\zeta + \ldots) e^{-\varkappa x} dx,$$

$$(31) \qquad \int_0^\varepsilon (L\xi + M\eta + N\zeta + \ldots) e^{-\varkappa x} dx.$$

» Les deux conditions ci-dessus énoncées, pourront être ou n'être pas remplies, du côté des x positives, pour une ou plusieurs des n valeurs de la caractéristique $\varkappa$, suivant que les variables principales, mesurées de ce côté à une distance finie du plan fixe, renfermeront dans leur expression un plus ou moins grand nombre de valeurs de $\varkappa$, c'est-à-dire, suivant que les valeurs attribuées aux variables principales, pour une valeur finie et positive de x, contiendra plus ou moins de termes du genre de ceux que présentent les seconds membres des formules (11), quand aucune des constantes arbitraires $K_1, K_2, \ldots K_n$ ne s'évanouit. Supposons, pour fixer les idées, que les valeurs attribuées aux variables principales, à une distance finie du plan fixe et du côté des x positives, soient celles que fournit un système d'intégrales simples, par exemple, le système des équations (8). Quand on voudra savoir si, pour une valeur donnée de $\varkappa$, la première condition est ou n'est pas remplie, c'est-à-dire, si l'intégrale (30) est sensiblement réductible ou non à l'intégrale (31), on devra porter son attention sur la valeur qu'acquiert le produit

$$(32) \qquad (L\xi + M\eta + N\zeta + \ldots) e^{-\varkappa x},$$

dans le cas où x devient supérieur à ε. Or, dans ce cas, les valeurs de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ étant très peu différentes, en vertu de l'hypothèse admise, de celles que fournit le système des formules (8), le produit (32) se réduira sensiblement à

$$(33) \qquad (A_{,}L + B_{,}M + C_{,}N + \ldots)\, e^{(\varkappa_{,}-\varkappa)x};$$

et, puisque les fonctions de x représentées par

$$L, M, N, \ldots$$

s'évanouissent sensiblement par des valeurs finies de x, il est aisé de voir que la première condition sera remplie, du côté des x positives, si le coefficient de x dans l'exponentielle

$$e^{(\varkappa_{,}-\varkappa)x}$$

offre une partie réelle négative, ou, ce qui revient au même, si la partie réelle de la caractéristique $\varkappa$ est supérieure à la partie réelle de la caractéristique $\varkappa_{,}$. Il y a plus : si ces deux parties réelles sont égales, la première condition sera généralement remplie, pourvu, du moins, que les intégrales

$$\int_0^x L dx, \quad \int_0^x M dx, \quad \int_0^x N dx, \ldots$$

conservent de très petites valeurs quand x vient à croître ; ce qui aura lieu, par exemple, si des valeurs finies ou très considérables de x réduisent sensiblement à zéro, non-seulement les fonctions

$$L, M, N, \ldots$$

mais encore les produits de ces fonctions par une puissance de x dont l'exposant surpasse de très peu l'unité. Ainsi, en résumé, la première condition se trouvera ordinairement remplie pour toutes les valeurs de la caractéristique $\varkappa$ qui offriront une partie réelle supérieure à la partie réelle de $\varkappa_{,}$. Quant à la seconde condition, il est facile de s'assurer qu'elle sera remplie, si les valeurs des intégrales

$$\int_0^\varepsilon L dx, \quad \int_0^\varepsilon M dx, \quad \int_0^\varepsilon N dx, \ldots$$

sont très petites relativement aux valeurs des facteurs auxiliaires

$$\lambda, \quad \mu, \quad \nu, \ldots$$

D'ailleurs, chacune des expressions

$$L, \quad M, \quad N, \ldots$$

représente la somme des produits des facteurs auxiliaires par les coefficients successifs de l'une des variables principales dans les fonctions linéaires désignées par

$$\mathfrak{X}, \quad \mathfrak{Y}, \quad \mathfrak{Z}, \ldots$$

Donc, pour que la seconde condition soit remplie, il suffira généralement que les produits de ces derniers coefficients par ε restent très petits.

» De ce qu'on vient de dire il résulte que, pour toutes les valeurs de la caractéristique $\varkappa$ qui satisferont à la première condition, la seconde condition se vérifiera généralement, si elle se vérifie pour une seule de ces valeurs. Supposons qu'il en soit ainsi, et nommons m le nombre des valeurs de $\varkappa$ qui offrent une partie réelle égale ou supérieure à la partie réelle de $\varkappa_1$. m représentera le nombre des intégrales principales, c'est-à-dire, des intégrales de la forme (14), qui continueront de subsister quand on aura égard au changement de forme des équations différentielles dans le voisinage du plan fixe. D'ailleurs, comme pour une valeur finie et positive de x, les valeurs de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ que fournissent les équations (8), doivent vérifier chacune des intégrales comprises dans la formule (14), sans réduire à zéro la somme

$$\lambda a + \mu b + \nu c + \ldots,$$

ce qui ne peut avoir lieu, à moins que l'on n'ait

$$(34) \qquad K = 0,$$

ou

$$(35) \qquad \varkappa = \varkappa_1;$$

il est clair que, si $\varkappa_1$ est une racine simple de l'équation (4), les intégrales principales, comprises dans la formule (14), étant jointes aux formules (8), entraîneront les conditions

$$(36) \qquad K_2 = 0, \quad K_3 = 0, \ldots K_n = 0.$$

Réciproquement ces dernières conditions, jointes aux intégrales principales que comprend la formule (14), ou bien encore au système des formules (11) qui peut remplacer, si l'on veut, le système de ces intégrales principales, entraînera immédiatement les équations (8). Soient maintenant

$$\xi_\varepsilon, \quad \eta_\varepsilon, \quad \zeta_\varepsilon, \ldots$$

ce que deviennent les valeurs de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots$$

déterminées par les formules (8), quand on a égard au changement de forme des équations différentielles données dans le voisinage du plan fixe, et entre les limites $x = 0$, $x = \varepsilon$. L'intégrale principale que représente la

formule (14) quand on y pose $x = x_1$, $K = K_1$, continuera de subsister lorsqu'on y remplacera

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots$$

par

$$\xi_\varepsilon, \quad \eta_\varepsilon, \quad \zeta_\varepsilon, \ldots;$$

et l'on pourra en dire autant de chacune des intégrales principales que représentera la formule (14), jointe à la formule (34), quand on prendra pour x, non plus l'une quelconque des caractéristiques

$$x_1, \quad x_2, \ldots x_n,$$

mais seulement l'une de celles dont les parties réelles sont égales ou supérieures à la partie réelle de x_1. Nommons

$$x_1, \quad x_2, \quad x_3, \ldots \; x_m,$$

ces dernières caractéristiques dont le nombre sera m. Les intégrales principales qui continueront de subsister, formeront un système équivalent à celui des équations produites par l'élimination des constantes arbitraires

$$K_{m+1}, \; K_{m+2}, \ldots \; K_n,$$

entre les formules (11) jointes, non plus aux formules (36), mais seulement aux suivantes

$$K_2 = 0, \quad K_3 = 0, \ldots \quad K_m = 0. \tag{37}$$

Donc, pour obtenir les relations établies entre les variables

$$\xi_\varepsilon, \quad \eta_\varepsilon, \quad \zeta_\varepsilon, \ldots$$

par celles des intégrales principales qui continueront de subsister, il suffira d'éliminer les constantes arbitraires

$$K_{m+1}, \quad K_{m+2}, \ldots \quad K_n,$$

entre les formules

$$(38) \quad \left\{ \begin{array}{l} \xi_\varepsilon = K_1 a_1 e^{x_1 x} + K_{m+1} a_{m+1} e^{x_{m+1} x} + \ldots + K_n a_n e^{x_n x}, \\ \eta_\varepsilon = K_1 b_1 e^{x_1 x} + K_{m+1} b_{m+1} e^{x_{m+1} x} + \ldots + K_n b_n e^{x_n x}, \\ \zeta_\varepsilon = K_1 c_1 e^{x_1 x} + K_{m+1} c_{m+1} e^{x_{m+1} x} + \ldots + K_n c_n e^{x_n x}. \\ \text{etc.} \end{array} \right.$$

D'ailleurs de ces dernières jointes aux équations (8), on tirera

$$(39)\quad \begin{cases} \xi_\varepsilon = \xi + K_{m+1}a_{m+1}e^{x_{m+1}x} + \ldots + K_n a_n e^{x_n x}, \\ \eta_\varepsilon = \eta + K_{m+1}b_{m+1}e^{x_{m+1}x} + \ldots + K_n b_n e^{x_n x}, \\ \zeta_\varepsilon = \zeta + K_{m+1}c_{m+1}e^{x_{m+1}x} + \ldots + K_n c_n e^{x_n x}, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

L'élimination des constantes arbitraires $K_{m+1}, \ldots K_n$, *entre les formules* (39), *fournira un système de m équations qui pourra remplacer le système des m intégrales principales auxquelles devront satisfaire les valeurs des variables*

$$\xi_\varepsilon,\ \eta_\varepsilon,\ \zeta_\varepsilon, \ldots$$

déterminées par le système des équations différentielles

$$(40)\qquad \frac{d\xi_\varepsilon}{dx} = X + \mathfrak{X},\quad \frac{d\eta_\varepsilon}{dx} = Y + \mathfrak{Y},\quad \frac{d\zeta_\varepsilon}{dx} = Z + \mathfrak{Z}, \text{ etc.}$$

pour des valeurs finies et positives de x *comprises entre les limites* $x = 0$, $x = \varepsilon$. On ne devra pas oublier que, dans les formules (39),

$$\xi,\quad \eta,\quad \zeta, \ldots$$

sont des fonctions déterminées de x, dont les valeurs sont données par les équations (8). Au reste, l'élimination des constantes arbitraires

$$K_{m+1}, \ldots K_n,$$

entre les formules (39) revient à l'élimination des exponentielles

$$e^{x_{m+1}x}, \ldots e^{x_n x},$$

entre ces formules, ou, ce qui revient au même, entre les suivantes

$$(41)\quad \begin{cases} \xi_\varepsilon = \xi + A_{m+1}e^{x_{m+1}x} + \ldots + A_n e^{x_n x}, \\ \eta_\varepsilon = \eta + B_{m+1}e^{x_{m+1}x} + \ldots + B_n e^{x_n x}, \\ \zeta_\varepsilon = \zeta + C_{m+1}e^{x_{m+1}x} + \ldots + C_n e^{x_n x}, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

$$A_1, B_1, C_1;\quad A_2, B_2, C_2, \ldots\ A_n, B_n, C_n$$

étant les valeurs de A, B, C... qui correspondent aux valeurs

$$x_1,\quad x_2, \ldots x_n$$

de la caractéristique x.

Observons encore que, si l'on nomme

les valeurs de

$$\xi_0, \quad \eta_0, \quad \zeta_0, \ldots$$

$$\xi_\varepsilon, \quad \eta_\varepsilon, \quad \zeta_\varepsilon, \ldots$$

correspondantes à $x = 0$, ces valeurs de ξ_ε, η_ε, $\zeta_\varepsilon, \ldots$ et les valeurs correspondantes de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ seront liées entre elles par m équations que l'on pourra déduire immédiatement des formules

$$(42) \qquad \begin{cases} \xi_0 = \xi + a_{m+1}K_{m+1} + \ldots + a_n K_n, \\ \eta_0 = \eta + b_{m+1}K_{m+1} + \ldots + b_n K_n, \\ \zeta_0 = \zeta + c_{m+1}K_{m+1} + \ldots + c_n K_n, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

par l'élimination des constantes arbitraires $K_{m+1}, \ldots K_n$.

» Dans ce qui précède, nous avons implicitement supposé que les racines

$$x_1, \; x_2, \ldots \; x_n,$$

de l'équation (4) étaient distinctes les unes des autres. Pour trouver les modifications que doivent subir les diverses formules dans les cas où plusieurs de ces racines deviennent égales entre elles, un moyen fort simple est d'attribuer à quelques-uns des coefficients renfermés dans les équations différentielles données, des accroissements très petits que l'on réduit ensuite à zéro; ou ce qui revient au même, à déduire les formules correspondantes au cas des racines égales, des formules correspondantes au cas où certaines racines diffèrent très peu les unes des autres. En opérant de cette manière, on reconnaîtra, par exemple, que si l'on suppose, dans la formule (19), les facteurs auxiliaires λ, μ, ν,... exprimés en fonction de x, et si d'ailleurs on prend pour x une racine double, triple, quadruple... de la formule (4), on devra, pour cette valeur de x, joindre à l'équation (22), la dérivée du premier ordre, ou les dérivées du premier et du second ordre, ou les dérivées du premier, du second et du troisième ordre... de cette même équation différentiée une ou plusieurs fois de suite par rapport à x.

» Pour montrer une application des formules qui précèdent, supposons d'abord que le nombre m des valeurs de x, dont les parties réelles sont égales ou supérieures à la partie réelle de x_1, devienne précisément égal à n, en sorte que la première condition se trouve remplie pour toutes les racines de l'équation (4). Alors les seconds membres des formules (39)

ou (41) se réduiront à zéro, et ces formules donneront simplement

(43) $\xi_\varepsilon - \xi = 0, \quad \eta_\varepsilon - \eta = 0; \quad \zeta_\varepsilon - \zeta = 0$, etc...

» Supposons, en second lieu qu'une seule des valeurs de $\varkappa$, savoir $\varkappa_n$, offre une partie réelle inférieure à la partie réelle de $\varkappa_1$. Alors les formules (41) donneront

(44) $\xi_\varepsilon - \xi = A_n e^{\varkappa_n x}, \quad \eta_\varepsilon - \eta = B_n e^{\varkappa_n x}, \quad \zeta_\varepsilon - \zeta = C_n e^{\varkappa_n x}, \ldots$

et, par suite

(45) $$\frac{\xi_\varepsilon - \xi}{A_n} = \frac{\eta_\varepsilon - \eta}{B_n} = \frac{\zeta_\varepsilon - \zeta}{C_n} = \text{etc.}$$

ou, ce qui revient au même, eu égard à la formule (5),

(46) $$\frac{\xi_\varepsilon - \xi}{a_n} = \frac{\eta_2 - \eta}{b_n} = \frac{\zeta_\varepsilon - \zeta}{c_n} = \text{etc.}$$

On pourrait aussi déduire immédiatement cette dernière équation des formules (39).

» Si maintenant on attribue à la variable indépendante x une valeur nulle, les valeurs correspondantes de ξ, η, ζ, ... en vertu des formules (44), (45), etc., vérifieront 1° quand on aura $m = n$, les n équations de condition

(47) $\xi - \xi_0 = 0, \quad \eta - \eta_0 = 0, \quad \zeta - \zeta_0 = 0$, etc.

ou

(48) $\xi = \xi_0, \quad \eta = \eta_0, \quad \zeta = \zeta_0$, etc.;

2°. quand on aura $m = n - 1$, les $n - 1$ équations de condition comprises dans la formule

(49) $$\frac{\xi - \xi_0}{A_n} = \frac{\eta - \eta_0}{B_n} = \frac{\zeta - \zeta_0}{C_n} = \text{etc.}$$

que l'on pourra réduire à

(50) $$\frac{\xi - \xi_0}{a_n} = \frac{\eta - \eta_0}{b_n} = \frac{\zeta - \zeta_0}{c_n} = \text{etc} ;$$

et ainsi de suite. On voit donc ici comment la méthode exposée fournit généralement les équations de condition relatives au plan fixe que l'on considère, et qui répond par hypothèse à une valeur nulle de la coordonnée x. Dans d'autres articles nous indiquerons quelques procédés à l'aide desquels on peut souvent simplifier la recherche de ces

équations de condition, surtout dans le cas où, les équations différentielles données étant d'un ordre supérieur au premier, on veut se dispenser de les réduire au premier ordre; et nous montrerons aussi avec quelle facilité on déduit des formules précédentes les lois de divers phénomènes, particulièrement les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière à la surface des corps transparents ou opaques, isophanes ou non isophanes. »

M. Girou de Buzareingues adresse un Mémoire manuscrit intitulé : *De la Nature des êtres.*

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. Combes, *ayant pour objet la théorie du ventilateur et un nouveau mode de construction de cette machine.*

(Commissaires, MM. Cordier, Poncelet et Coriolis.)

« L'Académie nous a chargés, M. Cordier, M. Poncelet et moi, de lui rendre compte d'un Mémoire de M. Combes, ayant pour objet une théorie du ventilateur et un nouveau mode de construction de cette machine.

» Le ventilateur a été indiqué par Teral et ensuite par Désaguliers, dans le commencement du siècle dernier. Dubuat, en essayant d'en donner une théorie, a conseillé de s'en servir pour ventiler les galeries de mines et les salles d'hôpitaux, et pour produire le tirage des cheminées. On l'emploie, en Allemagne, pour l'aérage des mines. Le détail des diverses dispositions usitées jusqu'ici dans ce cas, se trouve consigné dans un ouvrage publié à Vienne, par le docteur Aloys-Wehrle, en 1835, et dans un Traité des Machines usitées dans les mines, publié par Julius Weibach, professeur à l'École des Mines de Fribourg. La théorie présentée par ce dernier, ne diffère pas essentiellement de celle de Dubuat, et sa description ne comprend pas même les dispositions adoptées aujourd'hui dans divers ateliers.

» Les travaux les plus récents, publiés en France, sur cette machine, sont dus à des ingénieurs des Mines, MM. Burdin et de Saint-Léger, qui ont donné dans les *Annales des Mines*, le premier quelques considérations théoriques sur le ventilateur, et le deuxième une description d'une de ces machines, employée à Rouen dans une fonderie. De tous ces travaux il ne résultait pas encore une théorie exacte et complète du ventilateur,

ni une combinaison de formes qui résolût complétement le problème qu'on doit se proposer dans son établissement. Cependant l'emploi de cette machine offre beaucoup d'utiles applications, et mérite de fixer l'attention des mécaniciens.

» M. Combes, ayant repris la théorie du ventilateur d'une manière plus générale et plus exacte, a été conduit ainsi à indiquer des dispositions meilleures que celles qui avaient été employées jusqu'à présent. Les essais qu'il vient de faire ont répondu aux prévisions fournies par sa théorie, et ont montré qu'on pouvait tirer de cette machine un parti plus avantageux qu'on ne le croyait jusqu'à présent.

» M. Combes a considéré le ventilateur comme machine aspirante, et comme machine soufflante.

» En l'étudiant sous le premier point de vue, c'est-à-dire lorsqu'il est placé à une ouverture ménagée dans un espace d'où l'on veut faire sortir un certain volume d'air, les ailes planes, telles qu'elles ont été admises par Désaguliers, Dubuat et Herburger, donnent lieu à une dépense de force tout-à-fait inutile. L'auteur établit qu'il y a un grand avantage sous ce rapport à courber les ailes de manière qu'à leur point le plus rapproché du centre elles aient une direction telle, que l'air n'éprouve aucun choc en y arrivant, et qu'à leurs extrémités les plus éloignées, là où elles rejettent l'air dans l'atmosphère, elles aient une direction très peu différente de celle du mouvement de rotation. Pour donner à l'air la direction convenable à son entrée dans les espèces de canaux mobiles que forment les ailes courbes, il dispose des parois fixes placées dans un cylindre où l'air entre par une ouverture centrale pour en sortir par la circonférence. Par cette disposition de l'appareil, on satisfait aux deux conditions principales pour l'économie de la force; savoir, l'absence du choc, et la diminution aussi grande que possible de la force vive perdue à la sortie du ventilateur. Cette double condition étant exprimée par des équations auxquelles on joint celle de continuité et celles qui résultent de la dynamique des fluides élastiques dans le mouvement absolu et dans le mouvement relatif, on a cinq relations entre les éléments du mouvement et les éléments géométriques de la machine; elles ne suffisent pas pour les déterminer tous, et en laissent un certain nombre qu'on peut se donner à volonté. Les calculs rentrent dans la théorie qu'Euler a donnée des machines hydrauliques à réaction, à cela près que M. Combes introduit ce qui appartient particulièrement aux gaz élastiques.

» Ainsi que l'a fait de son côté notre confrère M. Poncelet, dans son

dernier Mémoire sur la théorie des Turbines de M. Fourneyron, l'auteur s'est gardé de supposer que la pression du gaz à son passage des canaux fixes dans les canaux mobiles fût égale à la pression de l'atmosphère; le peu de communication que la machine bien construite laisse subsister entre la veine fluide et le milieu environnant, ne permet pas d'admettre cette égalité. La pression dans la veine résulte de la nature du mouvement et doit se déduire des équations qui s'y rapportent.

» Dans son analyse, M. Combes en négligeant l'influence du jeu dont on vient de parler, ne tient pas compte des effets dus aux changements de mouvement qu'éprouvent dans tous les cas la veine fluide à son introduction dans la machine, effets qu'Euler avait aussi négligés. Mais les calculs de notre confrère sur la Turbine de Mullbach, construite avec un jeu annulaire très faible, ont montré la nécessité d'avoir égard à ces effets du changement de mouvement dans l'appréciation de la quantité de fluide écoulée et des effets de la machine.

» En choisissant convenablement l'angle sous lequel les canaux fixes lancent l'air dans les canaux mobiles, on peut arriver à rendre aussi petite qu'on le veut la vitesse de l'air à la sortie du ventilateur, tout en évitant autant que possible le choc dans le mouvement; la machine devient alors très avantageuse. M. Combes donne la marche à suivre pour en déterminer les dimensions et les formes de manière qu'elle soutire un volume donné d'air par minute.

» Une des conditions pour que l'effet réponde aux calculs, et pour qu'on puisse prévoir ainsi ce que la machine produira, c'est que les sections des canaux mobiles aillent en diminuant du centre à la circonférence, et que les sections des canaux fixes, aux points où ils versent l'air dans les canaux mobiles, donnent une aire totale plus petite que l'orifice circulaire par lequel l'air de la salle entre dans l'une des bases du cylindre qui forme le ventilateur.

» M. Combes conclut de la discussion des équations du mouvement, que le ventilateur, tel qu'il le construit, aspire un volume d'air à très peu près proportionnel à la vitesse de rotation qu'on lui imprime, et qu'avec des vitesses différentes, la machine reste à très peu près aussi avantageuse. Ces conclusions ne subsistent qu'à la condition que les pressions ne varient dans l'appareil que d'une petite fraction de la pression atmosphérique, circonstance qui se présente toujours dans les applications.

» En appliquant son système à l'établissement d'une machine aspirante pour l'aérage d'une mine, M. Combes établit par le calcul que 15 chevaux

de force produiraient une ventilation égale à celle qu'on obtient d'une machine à piston de 25 chevaux de puissance. Si cette prévision se réalise, on voit quel service M. Combes aura rendu à l'industrie.

» Cet ingénieur a aussi étudié le ventilateur comme machine soufflante. D'après la disposition qu'il adopte, l'air entre dans la machine par des ouvertures circulaires placées aux centres des disques plans entre lesquels tournent les ailes courbes et mobiles; il est rejeté à sa sortie, non dans l'atmosphère libre comme dans le ventilateur aspirant, mais dans un canal qui l'enveloppe et n'a qu'une issue. La section de ce canal va en croissant depuis son origine jusqu'à l'ouverture de sortie, afin que l'air qui y est amené successivement par tous les canaux mobiles y prenne partout la même vitesse. Celle-ci, en vertu de la direction tangentielle au mouvement qu'ont ces canaux à leur sortie, est à très peu près la somme de la vitesse de rotation du ventilateur et de la vitesse relative de l'air dans les canaux.

» Il en est ici pour le ventilateur soufflant comme pour celui qui aspire; cette quantité d'air croît à très peu près en raison de la vitesse de rotation. En faisant ainsi varier le débit et la vitesse, la machine reste à très peu près aussi avantageuse, c'est-à-dire qu'elle ne comporte pas une proportion plus grande pour les pertes de travail dues aux chocs et à la force vive de sortie. Ces pertes étant d'ailleurs assez faibles, on peut présumer que cette machine doit l'emporter dans beaucoup de cas sur les machines soufflantes à piston. La théorie indique ici des limites de vitesse au-delà desquelles cet avantage cesse parce que les phénomènes du mouvement changent de nature. Ainsi ce ventilateur ne pourrait plus être employé pour une soufflerie de forge où le débit de gaz exigerait une trop grande vitesse de rotation.

» M. Combes, depuis la publication de son Mémoire, a donné les résultats de quelques expériences qu'il a faites sur un ventilateur aspirant, en mesurant directement, à l'aide d'un moulinet, les volumes d'air aspirés pour des vitesses différentes : il les trouve à très peu près conformes à ce que donne sa théorie. Quant au travail moteur qui est dépensé, ses expériences ont pu montrer seulement qu'il était assez petit; mais elles n'ont pu, à cause de cette petitesse même comparativement aux frottements, faire ressortir ce qu'il y avait de pertes pour le seul mouvement du gaz. C'est ce qu'on ne verrait qu'en faisant des expériences préalables sur les frottements des appareils solides de la machine.

» Par la simplicité de sa construction, et par le peu de force qu'il exige,

le ventilateur perfectionné de M. Combes paraît destiné à devenir une machine usuelle. La ventilation est nécessaire dans plusieurs établissements industriels, comme les magnaneries et les séchoirs; elle a aussi une grande importance pour la salubrité des lieux habités. Il y a bien des cas où le mouvement d'ascension déterminé seulement par une faible élévation de température ne suffit pas pour donner toujours un air nouveau à la respiration : un ventilateur mû par un moteur à ressort pourrait dans ce cas être employé avec avantage. Il n'est pas impossible qu'on donne suite à l'idée déjà émise de disposer dans les cheminées de petits appareils à vapeur qui, en prenant un peu de chaleur au foyer, emploieraient leur force, à l'aide d'un ventilateur, à produire le tirage nécessaire et à chasser la fumée par des tuyaux pouvant avoir une inclinaison quelconque et devenant par là moins embarrassants que les cheminées verticales. L'emploi de cette machine pourrait être aussi très utile pour rejeter la fumée des machines à vapeur à l'arrière des bateaux au lieu de la laisser s'élever dans une cheminée toujours gênante. Ces indications suffisent pour montrer que M. Combes, en outre du mérite scientifique qui lui appartient pour les perfectionnements qu'il a introduits dans la théorie du ventilateur, a aussi l'avantage de s'être attaché à une des applications les plus utiles à l'industrie.

» En conséquence vos Commissaires vous proposent de décider que le Mémoire de M. Combes est digne de l'approbation de l'Académie et sera inséré dans le recueil des *Savans étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

Mémoire sur la cause fondamentale de tous les faits de l'ordre physique; par M. **Azaïs**.

(Commissaires, MM. Becquerel, Savart, Savary.)

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE. — *Du sulfure de carbone; par* M. **J.-P. Couerbe**.

(Commissaires, MM. Dumas, Robiquet, Pelouze.)

Conclusion du deuxième Mémoire.

« Il résulte des expériences qui font le sujet de ce Mémoire:

» 1°. Que le xanthate de potasse et le xanthate de plomb se comportent différemment lorsqu'on les expose à l'action de la chaleur; tandis que le

xanthate de plomb donne un résidu de sulfure de plomb presque pur, le xanthate de potasse donne un mélange de polysulfure de potassium, d'hyposulfite de potasse et de charbon;

» 2°. Que le xanthate de plomb, composé d'éther, d'oxide de plomb et de sulfure de carbone, peut se dissoudre dans l'alcool et cristalliser dans ce véhicule;

» 3°. Que la décomposition du xanthate de plomb par le feu se manifeste à 130° cent. produit un résidu noir de sulfure de plomb, des liquides qui distillent et un gaz qui se dégage. Sur 100 grammes on obtient 56 grammes sulfure de plomb, 35 grammes de liquide et une perte de 8 grammes représentée par 2 $\frac{1}{2}$ litres de gaz.

» 4°. Que la portion liquide se compose de sulfure de carbone, de traces de mercaptan, d'un peu d'alcool et d'un nouvel éther analogue à ceux du 3e genre, puisque par l'action de la potasse il se transforme en alcool et en un sel particulier nouveau.

» L'acide qui se fixe sur la potasse peut très bien être figuré par l'acide succinique qui aurait perdu 1 atome d'oxigène et pris 1 atome de soufre. Sa composition égale $C^4H^4O^2S$. Cette quantité sature 1 atome de potasse.

» 5°. Que ce nouvel éther, dissous dans l'alcool saturé de gaz ammoniac, produit un autre sel, que l'on obtient en très beaux cristaux par l'évaporation du liquide;

» 6°. Que le gaz a fourni à l'analyse eudiométrique une composition très simple et très remarquable, représentée par

4 vol. d'hydrogène,
8 vol. de soufre,
4 vol. d'oxigène,
8 vol. de carbone,

le tout condensé en 8 volumes.

» 7°. Qu'en représentant ce gaz par la formule $HS^2 + C^2O$, il constitue une sorte de sel gazeux dans lequel la base serait l'oxide de carbone, et le nouveau sulfure d'hydrogène l'acide;

» 8°. Que ce gaz peut être absorbé en très grande proportion par l'éther, l'alcool et les huiles essentielles. Si l'on agite la dissolution éthérée avec de l'alcool de potasse, on ne tarde pas à voir le mélange se prendre en masse cristalline, qui se compose de xanthate de potasse et d'un sel nouveau.

» 9°. Que la décomposition du xanthate de potasse par le feu com-

mence à 200° centigrades, et qu'il se produit, comme dans le cas du xanthate de plomb, un résidu solide, des liquides et des gaz; mais que le résidu, loin d'être un sulfure de potassium simple, est formé d'hyposulfite de potasse, de polysulfure de potassium et de 7,5 p. 100 de charbon ;

» 10°. Que les liquides provenant du xanthate de potasse ne ressemblent point à ceux que je viens d'indiquer dans le xanthate de plomb. Ils sont formés de très peu de sulfure carbonique, de beaucoup de mercaptan et d'un nouveau liquide incolore, ne contenant pas de soufre quand il est parfaitement pur. Il est composé de $C^4 H^{10} O^3$, représentant ainsi de l'aldéide bihydratée $= C^4 H^6 O + H^4 O^2$ ou de l'éther bioxigéné $= C^4 H^{10} O + O^2$.

» Quant au gaz, il est composé de traces d'hydrogène sulfuré, d'acide carbonique, d'oxide de carbone et de sel gazeux indiqué plus haut. On parvient à l'élimination de ces différents gaz : 1° par les dissolutions métalliques qui détruisent l'hydrogène sulfuré et le font disparaître ; 2° par l'éther qui dissout le sel gazeux $H S^2, C^2 O$; 3° par l'acide sulfurique qui s'empare de la vapeur d'éther; 4° enfin par la potasse qui donne le rapport de l'oxide de carbone à l'acide carbonique.

» Par ces conclusions, on remarque que ce Mémoire renferme l'étude complète des liquides qui proviennent de la distillation des xanthates, la découverte de trois sels cristallisables, d'un gaz composé, et qu'il indique l'existence d'un nouveau sulfure d'hydrogène gazeux.

» Dans le troisième Mémoire, je parlerai du xanthate de cuivre; je reviendrai sur les nouveaux composés que j'ai découverts, principalement sur le sel gazeux, et je présenterai le bisulfure d'hydrogène $H S^2$ à l'état pur. »

DÉCISIONS DE L'ACADÉMIE.

Après discussion, l'Académie a renvoyé aux sections réunies de Chimie et de Médecine, l'examen de la question soulevée dans le rapport de M. *Chevreul*, tendant à la création d'un prix, imputable sur les fonds *Montyon*, en faveur de celui qui aurait avancé d'une manière remarquable, certaines parties de la Chimie animale signalées dans le précédent numéro du *Compte rendu*, page 405.

CORRESPONDANCE.

HYDROGRAPHIE. — M. **Beautemps-Beaupré** présente le quatrième volume du *Pilote français*. C'est le fruit du travail exécuté entre l'*île Bréhat* et *Barfleur*, pendant les années 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833. Cet atlas se compose de quatre cartes générales, de treize cartes particulières, de onze plans, de soixante feuilles de vues prises sur les dangers et de quarante-neuf tableaux de marées. Nous ne ferons que nous conformer aux intentions de M. *Beautemps-Beaupré*, en consignant ici les noms des ingénieurs-hydrographes qui, sous sa direction, ont concouru à ces glorieux travaux. Ces ingénieurs sont MM. *Daussy, Bailly, Fayolle, Givry, Collin, Monnier, Benoist, Le Bourguignon-Duperré, Bégat, Keller, Dortet de Tessan, Chazallon, Cazeaux, Darondeau* et *Delaroche*.

ASTRONOMIE. — *Taches du soleil.*

M. **Capocci**, directeur de l'observatoire de *Naples*, écrit à M. *Arago*, qu'il a aperçu, en janvier 1839, dans les taches solaires, des changements considérables et très rapides. Pendant la matinée du 25, par exemple, dit M. *Capocci*, « un noyau ordinairement quatre fois aussi grand que » la terre, se réduisait sous mes yeux (*sotto i miei proprj occhj*) à » n'avoir plus que l'étendue de l'Europe. Cette étendue minima était » extrêmement fugace (*fugacissimo*), et cela, parce que les courants » ascendants, générateurs de l'ouverture (le noyau), ayant repris de la » force, écartaient les strates (lumineuses) diverses qui s'étaient précipitées de ce côté, et rendaient à la tache son étendue et sa forme » normales. »

C'est incontestablement un juste sujet de regret, que M. *Capocci* n'ait pas substitué, dans sa note, à l'expression vague : « sous mes yeux », une évaluation en minutes ou fractions de minute. Au surplus, M. *Capocci* annonce un Mémoire où les astronomes trouveront, sans doute, tous les détails convenables.

GÉOGRAPHIE.— *Lettre de* M. **Alcide d'Orbigny**, *en réponse à la réclamation de* M. Bowring.

« Absent à la fin de la séance de l'Académie du 11 mars, j'apprends seulement à l'instant que M. C. Bowring réclame la propriété de ma carte

de Titicaca; je ne saurais assez vous dire, Monsieur le Président, l'étonnement pénible que m'a fait éprouver cette réclamation si injuste à tant d'égards. Après n'avoir cessé durant trois années de relever mes itinéraires de toute la Bolivia, je voulus, avant de revenir en France, aller sur les bords du lac de Titicaca continuer mes travaux géographiques, travaux que je fus assez heureux pour voir apprécier, à mon retour, par l'Académie et la Société de géographie.

» Partant pour cette excursion, M. Bowring me témoigna le vif désir de m'accompagner, désir auquel je ne saurais trop regretter, aujourd'hui, de m'être rendu, puisqu'il s'en prévaut actuellement pour chercher à me dérober le fruit de tant de travaux pénibles et laborieux.

» Plus tard, étant à Arica, M. Bowring me transmit, en effet, quelques renseignements sur les parties septentrionales que je n'avais pu visiter; mais, comme je puis en donner des preuves, ainsi que pour tout ce que j'avance, je les possédais antérieurement à cette époque. Je regrette que M. Bowring ait assez oublié la bonne harmonie de nos anciennes relations et les services même que je lui ai rendus, pour m'attaquer aujourd'hui dans un travail qui m'est tout personnel, et que je ne saurais reconnaître à qui que ce soit, le droit de s'approprier.

» Du reste, les matériaux considérables que l'Académie a eus sous les yeux, pour toutes mes études géographiques, me dispensent, je crois, de chercher davantage à me disculper d'une assertion à laquelle j'avais eu d'abord la pensée de ne pas répondre, ayant été à portée de prouver que jamais je ne me suis cru dispensé d'examiner par moi-même, avec la plus grande conscience, tous les pays que j'ai explorés, en relevant personnellement mes itinéraires et les corrigeant par des triangles sur lesquels je base aujourd'hui mes travaux géographiques en Bolivia, travaux dont le lac de Titicaca n'est pas plus de la *soixantième* partie.

» D'ailleurs, comme je l'ai prouvé jusqu'ici, pour les renseignements de tous genres qui m'ont été communiqués en Amérique, je me fais toujours un devoir de citer scrupuleusement, dans les parties descriptives de mon voyage, ceux auxquels j'en suis redevable.

» Veuillez, Monsieur le Président, croire aux vifs regrets que j'éprouve d'avoir ainsi abusé des instants de l'Académie dont je me verrais, néanmoins, forcé de réclamer une Commission pour examiner les preuves de ce que j'avance, si de nouvelles attaques étaient dirigées contre moi. »

Après la lecture de cette lettre, MM. *Cordier* et *Savary* déclarent qu'à l'époque où ils examinaient la carte du lac de *Titicaca*, M. *d'Orbigny* mit

sous leurs yeux les observations manuscrites sur lesquelles son travail était appuyé.

M. *Arago* croit que M. *d'Orbigny*, s'il y avait pensé, aurait pu faire une réponse plus décisive que celle dont l'Académie vient d'entendre la lecture. Suivant lui, M. *d'Orbigny* devait citer, dès ce moment et nominativement, tous les ingénieurs, antérieurs à M. *Bowring*, qui lui ont fourni des documents sur les parties septentrionales du lac de *Titicaca* et sur les îles où notre compatriote paraît n'avoir pas été.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Élévation de température des fleurs de* Colocasia odora.

Lamarck signala le premier, en 1789, une chaleur propre dans l'*Arum italicum*. Depuis, plusieurs autres naturalistes ont observé le même fait. Aujourd'hui, MM. *Van Beek* et *Bergsma*, rendent compte des observations qu'ils viennent de terminer sur les fleurs du *Colocasia odora*, non à l'aide de thermomètres ordinaires, mais avec les aiguilles thermo-électriques dont MM. *Becquerel* et *Breschet* se servirent dans leurs recherches sur les températures relatives du sang veineux et du sang artériel.

Le 5 septembre 1838, le *spadice* avait acquis la température énorme de 43° centig., tandis que l'air ambiant n'était qu'à 21°, ce qui fait une différence de 22°.

MM. *Van Beek* et *Bergsma* ont trouvé :

« 1°. Que le dégagement de chaleur dans les fleurs de *Colocasia odora*, a lieu sur toute la surface visible du spadice, quoique avec une intensité différente dans ses diverses parties.

» 2°. Qu'après l'épanouissement de la spathe, un dégagement considérable de chaleur a lieu dans les fleurs mâles, qui acquièrent une très haute température, de beaucoup plus élevée que celle que l'on observe à cette époque dans les autres parties supérieures du spadice.

» 3°. Que vers l'époque de l'émission du pollen, une augmentation considérable de chaleur se manifeste subitement dans les fleurs mâles avortées, qui forment le cône charnu ou glanduleux du spadice, tandis que la température des fleurs mâles diminue et approche de plus en plus de celle de l'atmosphère. Le dégagement de chaleur de cette partie, constitue une seule période de plusieurs jours; celui des fleurs mâles avortées au contraire, offre plusieurs périodes distinctes et journalières, jusqu'au dépérissement de cette partie.

» 4°. Que le dégagement de chaleur dans chacune de ces diverses périodes est uniforme, et le même sur la surface des fleurs mâles, comme sur celles des fleurs mâles avortées, contrairement à l'opinion émise, par quelques savants, qui affirment que la chaleur va en augmentant vers le sommet du spadice. »

ASTRONOMIE. — M. **Cooper**, membre de la Chambre des communes et de la Société royale de *Londres*, communique les observations qu'il a faites de l'occultation des Pleïades, le 19 mars dernier, dans la maison n° 161, de la rue Saint-Martin. Ces observations seront comparées à celles de l'Observatoire.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — A l'occasion du Mémoire imprimé de M. *Andraud*, présenté dans une des dernières séances, concernant la puissance mécanique de l'air comprimé, M. *Tessié Dumotay*, de *Chollet*, écrit qu'il travaille depuis quelque temps à la construction de locomotives fondées sur les mêmes principes. M. *Tessié Dumotay* espère pouvoir faire fonctionner ses machines dans le courant de l'été prochain.

MM. **Charles Crista** et **Candide Mejnardi**, soumettent au jugement de l'Académie une machine de leur invention, qui indique l'heure, le jour de la semaine, le quantième du mois, le mois, l'année, le cycle solaire, la lettre dominicale, le cycle lunaire, l'épacte, le jour de Pâques et les phases de la lune.

(Commissaires, MM. Savary, Gambey, Séguier.)

M. **Ranson** adresse une copie des Remarques qu'il a publiées sur une prétendue *fausseté de la théorie de l'algèbre*.

M. le docteur **Félix Thibert** envoie, pour les prix Montyon, les premières livraisons de son ouvrage sur l'Anatomie pathologique, avec modèles en relief.

M. le général **Edhem-Bey**, ministre de l'instruction publique et des travaux publics en Égypte, présent à la séance, fait hommage à l'Académie de la traduction de la *Statique* de Bossut, en langue turque, par *Ahmed Effendy*, qu'il a corrigée et publiée au Caire.

Le général *Edhem-Bey* a traduit en turc la *Géométrie* de Legendre, et y a joint la *Théorie des parallèles*, d'après M. Lacroix; il a de même traduit en turc l'exposé du *Système métrique français*. Ces deux ouvrages sont maintenant traduits en arabe, par les soins du général Edhem-Bey, et destinés à être envoyés à Alger, pour l'usage des écoles franco-algériennes.

L'Académie accepte deux paquets cachetés, l'un de M. *Junod*, l'autre de M. *Gros*.

La séance est levée à 5 heures. A.

Erratum. (Séance du 11 mars 1839.)

D'après un avertissement de M. *Talbot*, nous rectifierons une erreur qui s'est glissée à la page 362 de ces *Comptes rendus* : c'est en 1834 et non en 1835 qu'ont commencé les essais du savant physicien anglais. Au reste, cette date de 1834 ne change absolument rien aux conséquences que nous avons déduites de faits authentiques, concernant les droits de M. *Niépce* et de M. *Daguerre*.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 11, in-4°.

Annales des Sciences naturelles; décembre 1838, in-8°.

Le Pilote Français, 4me partie concernant les *côtes septentrionales de France depuis l'île Bréhat jusqu'à Barfleur*; un grand vol. in-fol.

Voyage en Islande et au Groënland, sous la direction de M. *Gaimard*; *Histoire du Voyage par* M. GAIMARD, tome 1er, 2e partie, in-8°, et livraisons 11—15 de planches.

Anatomie pathologique avec modèles en relief; par M. F. THIBERT; 1 vol. in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

Précis de la Géographie universelle; par MALTE-BRUN, nouvelle édition; par M. HUOT; tome II, in-8°.

Histoire naturelle des Insectes Coléoptères; par MM. CASTELNAU et GORY; 27 et 28me liv., in-8°.

Voyage dans l'Inde; par M. V. JACQUEMONT; 21 liv. in-4°.

Lettre de M. RUSCONI *à* M. Duméril *sur le mode de fécondation des Batraciens urodèles, et sur quelques particularités offertes par la Salamandre terrestre*; in-8°.

Actes de l'Académie royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux; 1re année, 1er trimestre, in-8°.

Notice sur les comparaisons des Baromètres destinés à l'expédition du nord de l'Europe; par M. DELCROS; in-8°.

Traité élémentaire de Conchyliologie avec l'application de cette science à la Géognosie; par M. DESHAYES; 2e et 3e livraison; in-8°.

OEuvres complètes de John Hunter, traduites de l'anglais par M. RICHELOT; 5e liv., in-8°, avec Atlas in-4°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 3, nos 11 et 12, 15 et 31 mars 1839, in-8°.

Annales de la Société royale d'Agriculture de Paris; tome 24, janvier 1839, in-8°.

Le Propagateur de l'Industrie de la Soie en France; journal mensuel; par M. Amans-Carrier; tome 1er, février 1839, in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; 7e année, n° 3, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; 6e année, mars 1838, in-8°.

Annales de la Société des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles; année 1838, in-8°.

The Edinburgh.... *Journal Philosophique de Londres et d'Édimbourg;* d'octobre 1838 à janvier 1839, in-8°.

Tables.... *Tables de Logarithmes;* publiées par la *Société pour la propagation des Connaissances usuelles;* in-16.

Bas Schrag.... *Sur le rétrécissement oblique et les vices de conformation du Bassin; par* M. Naegelé; Mayence, 1839, in-4°. (Cet ouvrage est adressé pour le Concours Montyon.)

Der Schragschnitt.... *De l'Amputation oblique, nouvelle méthode; par* M. E. Blasius; Berlin, 1838, in-4°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

Kitab-djer-al-askal.... *Statique de Bossut, traduite en turc par* Admed Effendy, *corrigée et publiée au Kaire par le général égyptien* Edhem-Bey, ministre de l'Instruction publique et des Travaux publics en Égypte; in-8°; présenté par M. Jomard.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 12, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 34—36, in-4°.

La France industrielle; 3e année, n° 90.

L'Expérience, journal de Médecine et de Chirurgie; n° 90, in-8°.

Gazette des Médecins praticiens; n° 8, 1re année.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1[er] AVRIL 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Méthode générale propre à fournir les équations de condition relatives aux limites des corps dans les problèmes de Physique mathématique; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

(Voir le numéro précédent.)

§ III. *Application du principe fondamental à un système d'équations différentielles linéaires du second ordre ou d'un ordre plus élevé.*

« La variable indépendante x étant toujours censée représenter une coordonnée perpendiculaire à un plan fixe, supposons que les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta \ldots$$

soient déterminées en fonction de x par un système d'équations différentielles linéaires du second ordre ou d'un ordre plus élevé, chacun des termes que renferment ces équations étant le produit d'un coefficient constant par l'une des variables principales ou par l'une de leurs dérivées. Un moyen fort simple de satisfaire simultanément à toutes les

équations données sera de supposer les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

toutes proportionnelles à une même exponentielle népérienne, dont l'exposant serait le produit de la coordonnée x par un facteur constant $\varkappa$, et de prendre en conséquence

$$(1)\qquad \xi = \mathrm{A}e^{\varkappa x},\quad \eta = \mathrm{B}e^{\varkappa x},\quad \zeta = \mathrm{C}e^{\varkappa x},\ \text{etc.}\ldots,$$

$\varkappa$, A, B, C,... étant des constantes propres à vérifier le système des formules

$$(2)\qquad \mathcal{A} = 0,\quad \mathcal{B} = 0,\quad \mathcal{C} = 0,\quad \text{etc.}\ldots$$

qu'on obtiendra en substituant dans les équations différentielles données aux variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

les facteurs

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},\ldots$$

et aux diverses dérivées de ces variables, c'est-à-dire aux expressions

$$\frac{d\xi}{dx},\quad \frac{d^2\xi}{dx^2},\ldots\quad \frac{d\eta}{dx},\quad \frac{d^2\eta}{dx^2},\ldots\quad \frac{d\zeta}{dx},\quad \frac{d^2\zeta}{dx^2},\ldots$$

les divers produits

$$\varkappa\mathrm{A},\quad \varkappa^2\mathrm{A},\ldots\ \varkappa\mathrm{B},\quad \varkappa^2\mathrm{B},\ldots\ \varkappa\mathrm{C},\quad \varkappa^2\mathrm{C},\ldots$$

résultants de la multiplication des facteurs A, B, C,... par les puissances de $\varkappa$ dont les degrés sont égaux au nombre des différentiations effectuées. Les équations (2) étant évidemment linéaires par rapport aux facteurs A, B, C,..., si l'on met de côté la première de ces équations, les suivantes pourront être, en général, remplacées par une seule de la forme

$$(3)\qquad \frac{\mathrm{A}}{a} = \frac{\mathrm{B}}{b} = \frac{\mathrm{C}}{c} = \text{etc.},\ldots$$

a, b, c,... désignant des fonctions entières de $\varkappa$; et, en éliminant A, B, C,... de la première des équations (2) à l'aide de la formule (3), on obtiendra une équation nouvelle

$$(4)\qquad \mathcal{K} = 0,$$

dont le degré relatif à $\varkappa$, sera généralement égal au nombre entier x qui représentera la somme des ordres des dérivées les plus élevées de ξ, η, ζ,... comprises dans les équations différentielles données. Si l'on nomme

$$x_1, \quad x_2, \ldots \; x_n$$

les n racines de l'équation (4) résolues par rapport à x, et

$$A_1, \; B_1, \; C_1, \ldots; \quad A_2, \; B_2, \; C_2, \ldots; \text{ etc}\ldots \quad A_n, \; B_n, \; C_n, \ldots$$

les valeurs correspondantes de A, B, C,... les équations différentielles données admettront les systèmes d'intégrales simples

$$(5) \qquad \xi = A_1 e^{x_1 x}, \quad \eta = B_1 e^{x_1 x}, \quad \zeta = C_1 e^{x_1 x}, \quad \text{etc}\ldots$$

$$(6) \qquad \xi = A_2 e^{x_2 x}, \quad \eta = B_2 e^{x_2 x}, \quad \zeta = C_2 e^{x_2 x}, \quad \text{etc}\ldots$$

etc...

$$(7) \qquad \xi = A_n e^{x_n x}, \quad \eta = B_n e^{x_n x}, \quad \zeta = C_n e^{x_n x}, \quad \text{etc}\ldots$$

et les intégrales générales de ces équations différentielles pourront être présentées sous la forme

$$(8) \qquad \begin{cases} \xi = A_1 e^{x_1 x} + A_2 e^{x_2 x} + \ldots + A_n e^{x_n x}, \\ \eta = B_1 e^{x_1 x} + B_2 e^{x_2 x} + \ldots + B_n e^{x_n x}, \\ \zeta = C_1 e^{x_1 x} + C_2 e^{x_2 x} + \ldots + C_n e^{x_n x}, \\ \text{etc}\ldots \end{cases}$$

Seulement, pour retrouver toutes les intégrales qu'on aurait obtenues, si l'on avait commencé par réduire au premier ordre les équations différentielles données en représentant par de nouvelles lettres une ou plusieurs dérivées de chaque variable principale, on devra joindre aux formules (5), (6),.... (7) ou (8) leurs dérivées de divers ordres. Ainsi, par exemple, si les équations différentielles données sont du second ordre par rapport à chacune des variables principales ξ, η, ζ,... c'est-à-dire, si elles renferment avec ces variables, non plus seulement leurs dérivées du premier ordre,

$$\frac{d\xi}{dx}, \quad \frac{d\eta}{dx}, \quad \frac{d\zeta}{dx}, \ldots.$$

mais encore leurs dérivées du second ordre

$$\frac{d^2\xi}{dx^2}, \quad \frac{d^2\eta}{dx^2}, \quad \frac{d^2\zeta}{dx^2}, \ldots$$

alors, en posant

$$(9) \qquad \frac{d\xi}{dx} = \varphi, \quad \frac{d\eta}{dx} = \chi, \quad \frac{d\zeta}{dx} = \psi, \ldots$$

on devra aux intégrales particulières représentées par les équations (5),

joindre les formules

$$(10)\qquad \varphi = A_1 x_1 e^{x_1 x}, \quad \chi = B_1 \alpha_1 e^{x_1 x}, \quad \psi = C_1 x_1 e^{x_1 x}, \quad \text{etc.}\ldots$$

et aux intégrales générales représentées pour les équations (8), joindre les formules

$$(11)\qquad \begin{cases} \varphi = A_1 x_1 e^{x_1 x} + A_2 x_2 e^{x_2 x} + \ldots + A_n x_n e^{x_1 x}, \\ \chi = B_1 x_1 e^{x_1 x} + B_2 x_2 e^{x_2 x} + \ldots + B_n x_n e^{x_n v}, \\ \psi = C_1 x_1 e^{x_1 x} + C_2 x_2 e^{x_2 x} + \ldots + C_n x_n e^{x_n x}, \\ \quad \text{etc.} \end{cases}$$

Ainsi, encore, si les équations différentielles données renferment les dérivées du troisième, du quatrième..... ordre, de la variable principale

$$\xi, \quad \text{ou} \quad \eta, \quad \text{ou} \quad \zeta, \ldots.$$

il faudra joindre à la première, ou à la seconde, ou à la troisième des formules (5) ou (8), celles qu'on en déduit par deux, trois,... différentiations successives.

» Supposons maintenant que, du côté des x positives, et dans le voisinage du plan fixe donné, les équations différentielles auxquelles doivent satisfaire les variables principales ξ, η, ζ,... changent de forme, en sorte que les coefficients de ξ, η, ζ,... et de leurs dérivées y varient tres rapidement avec x entre les limites très rapprochées

$$x = 0, \quad x = \varepsilon.$$

Supposons d'ailleurs que les produits de ces coefficients par ε restent très petits, et nommons

$$\xi_\varepsilon, \quad \eta_\varepsilon, \quad \zeta_\varepsilon, \ldots \quad \varphi_\varepsilon, \quad \chi_\varepsilon, \quad \psi_\varepsilon, \ldots$$

ce que deviennent entre les limites dont il s'agit, non pas les valeurs générales des variables

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots \quad \varphi, \quad \chi, \quad \psi, \ldots$$

mais des valeurs particulières de ces variables, je veux dire des valeurs fournies par un système d'intégrales particulières, par exemple, celles qui se déduisent des équations (5), et que fournissent les formules (5), (10), etc. Enfin, admettons que les n racines de l'équation (4) soient inégales, et nommons

$$x_1, \quad x_2, \ldots \quad x_m,$$

celles de ces racines qui offrent des parties réelles égales ou supérieures

à la partie réelle de $x_{,}$. D'après ce qui a été dit dans le paragraphe précédent, les différences

$$\xi_{,}-\xi,\ \ \eta_{,}-\eta,\ \ \zeta_{,}-\zeta,\ldots\ \varphi_{,}-\varphi,\ \ \chi_{,}-\chi,\ \ \psi_{,}-\psi,\ldots$$

devront vérifier toutes les équations produites par l'élimination des exponentielles

$$e^{x_{m+1}x},\ldots\ e^{x_n x},$$

entre les formules

$$(12)\quad\begin{cases}\xi_{,}-\xi=A_{m+1}e^{x_{m+1}x}+\ldots+A_n e^{x_n x},\\ \eta_{,}-\eta=B_{m+1}e^{x_{m+1}x}+\ldots+B_n e^{x_n x},\\ \zeta_{,}-\zeta=C_{m+1}e^{x_{m+1}x}+\ldots+C_n e^{x_n x},\\ \text{etc.}\end{cases}$$

$$(13)\quad\begin{cases}\varphi_{,}-\varphi=A_{m+1}x_{m+1}e^{x_{m+1}x}+\ldots+A_n x_n e^{x_n x}\\ \chi_{,}-\chi=B_{m+1}x_{m+1}e^{x_{m+1}x}+\ldots+B_n x_n e^{x_n x},\\ \psi_{,}-\psi=C_{m+1}x_{m+1}e^{x_{m+1}x}+\ldots+C_n x_n e^{x_n x},\\ \text{etc.},\end{cases}$$

etc. etc.

» Si aucune des racines de l'équation (4) n'offre une partie réelle inférieure à la partie réelle de $x_{,}$, les formules (12), (13),... dont les seconds membres se réduiront à zéro, donneront

$$(14)\quad \xi_{,}=\xi,\ \eta_{,}=\eta,\ \zeta_{,}=\zeta,\ldots\ \varphi_{,}=\varphi,\ldots\ \chi_{,}=\chi,\ \psi_{,}=\psi,\ldots\ \text{etc.}$$

» Si une seule des racines de l'équation (4), savoir x_n, offre une partie réelle inférieure à la partie réelle de $x_{,}$, on tirera des formules (12), (13),...

$$(15)\quad \frac{\xi_{,}-\xi}{A_n}=\frac{\eta_{,}-\eta}{B_n}=\frac{\zeta_{,}-\zeta}{C_n}=\ldots=\frac{\varphi_{,}-\varphi}{x_n A_n}=\frac{\chi_{,}-\chi}{x_n B_n}=\frac{\psi_{,}-\psi}{x_n C_n}=\ldots;\ \text{etc.}$$

» Soient d'ailleurs

$$\xi_0,\ \eta_0,\ \zeta_0,\ldots\ \varphi_0,\ \chi_0,\ \psi_0,\ldots$$

ce que deviennent

$$\xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},\ldots\ \varphi_{,},\ \chi_{,},\ \psi_{,},\ldots$$

sur le plan fixe donné, c'est-à-dire lorsqu'on pose $x=0$. En vertu des formules (14), (15),... les valeurs de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots\ \varphi,\ \chi,\ \psi,\ldots$$

fournies par les équations (5), par conséquent les valeurs de $\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$

$\varphi, \chi, \psi, \ldots$ calculées comme si dans le voisinage du plan fixe, les équations différentielles ne changeaient pas de forme, devront, pour $x = 0$, satisfaire, si l'on a $m = n$, aux conditions,

$$(16) \quad \xi = \xi_0, \quad \eta = \eta_0, \quad \zeta = \zeta_0, \ldots \quad \varphi = \varphi_0, \quad \chi = \chi_0, \quad \psi = \psi_0, \ldots$$

si l'on a $m = n - 1$, aux conditions

$$(17) \quad \frac{\xi - \xi_0}{A_n} = \frac{\eta - \eta_0}{B_n} = \frac{\zeta - \zeta_0}{C_n} = \ldots = \frac{\varphi - \varphi_0}{\varkappa_n A_n} = \frac{\chi - \chi_0}{\varkappa_n B_n} = \frac{\psi - \psi_0}{\varkappa_n C_n} = \ldots, \text{ etc.}$$

» Si les valeurs des variables principales $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ mesurées du côté des x positives, et à une distance finie du plan fixe, n'étaient plus celles que déterminent les formules (5), mais les sommes de celles que déterminent plusieurs des formules (5), (6), (7),... et renfermaient en conséquence dans leur expression plusieurs des exponentielles

$$e^{\varkappa_1 x}, \quad e^{\varkappa_2 x}, \ldots \quad e^{\varkappa_n x},$$

par exemple, $e^{\varkappa_h x}$, $e^{\varkappa_l x}$, etc.;... alors, en nommant toujours

$$\xi_\varepsilon, \quad \eta_\varepsilon, \quad \zeta_\varepsilon, \ldots \quad \varphi_\varepsilon, \quad \chi_\varepsilon, \quad \psi_\varepsilon, \ldots$$

ce que deviendraient les valeurs de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots \quad \varphi, \quad \chi, \quad \psi, \ldots$$

entre les limites $x = 0$, $x = \varepsilon$, eu égard au changement de forme des équations différentielles, et raisonnant d'ailleurs comme ci-dessus, on obtiendrait encore entre les différences

$$\xi_\varepsilon - \xi, \quad \eta_\varepsilon - \eta, \quad \zeta_\varepsilon - \zeta, \ldots \quad \varphi_\varepsilon - \varphi, \quad \chi_\varepsilon - \chi, \quad \psi_\varepsilon - \psi, \ldots$$

les équations de condition produites par l'élimination des exponentielles

$$e^{\varkappa_{m+1} x}, \ldots \quad e^{\varkappa_n x},$$

entre les formules (12), (13),... pourvu que l'on désignât par

$$\varkappa_{m+1}, \ldots \quad \varkappa_n,$$

celles des racines de l'équation (4) dont la partie réelle serait inférieure à la partie réelle de chacune des racines $\varkappa_h$, $\varkappa_l$... Alors aussi, parmi les termes de la suite

$$\varkappa_{m+1}, \ldots \quad \varkappa_n,$$

on devrait ordinairement comprendre la plupart des racines $\varkappa_h$, $\varkappa_l$, etc., en excluant seulement celle dont la partie réelle serait la plus petite, ou

du moins, celles dont les parties réelles, égales entre elles, offriraient la moindre valeur.

» Nous avons ici supposé que l'équation (4) offrait n racines distinctes. On passera aisément de cette hypothèse au cas où plusieurs racines deviendraient égales entre elles, en commençant par admettre que les mêmes racines diffèrent très peu les unes des autres.

§ IV. *Application du principe fondamental à un système d'équations linéaires aux différences partielles.*

» Considérons un système d'équations linéaires aux différences partielles entre plusieurs variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ldots$$

et plusieurs variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

chacun des termes que renferment ces équations étant le produit d'un coefficient constant par l'une des variables principales ou par l'une de leurs dérivées. Un moyen fort simple de satisfaire à la fois à toutes les équations données, sera de supposer les variables principales $\xi, \eta, \zeta,\ldots$ toutes proportionnelles à une même exponentielle népérienne dont l'exposant soit une fonction linéaire des variables indépendantes, et de prendre en conséquence

$$(1)\qquad \xi = \mathrm{A}e^{ux+vy+wz+\ldots},\quad \eta = \mathrm{B}e^{ux+vy+wz+\ldots},\quad \zeta = \mathrm{C}e^{ux+vy+wz+\ldots},\quad \text{etc.},$$

$u, v, w,\ldots \mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C},\ldots$ étant des constantes propres à vérifier le système des formules

$$(2)\qquad \mathcal{A} = 0,\quad \mathcal{B} = 0,\quad \mathcal{C} = 0,\quad \text{etc.},\ldots$$

qu'on obtiendra en substituant dans les équations données aux variables principales $\xi, \eta, \zeta,\ldots$ les facteurs A, B, C,... et aux dérivées de chaque variable principale ξ, ou η, ou $\zeta,\ldots$ différentiée une ou plusieurs fois de suite, par rapport à $x, y, z,\ldots$ les produits du facteur correspondant A, ou B, ou C,... par des puissances entières de $u, v, w,\ldots$ dont les degrés soient respectivement, pour la puissance de u, le nombre des différentiations effectuées par rapport à x, pour la puissance de v le nombre des différentiations effectuées par rapport à y, et ainsi de suite. Les équations (2) devant être évidemment linéaires, par rapport aux facteurs A, B, C,... si l'on met de côté la première de ces équations, les suivantes pourront être en général remplacées par une seule de la forme

$$(3) \qquad \frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{C}{c} = \ldots,$$

$a, b, c, \ldots$ désignant des fonctions entières de $u, v, w, \ldots$; et, en éliminant A, B, C, ... de la première des équations (2) à l'aide de la formule (3), on obtiendra entre les seuls coefficients

$$u, \quad v, \quad w, \ldots$$

une équation

$$(4) \qquad \mathfrak{X} = 0;$$

dont le degré, relatif à u, sera généralement égal à la somme n des nombres qui représenteront chacun, dans les équations différentielles données, l'ordre de la dérivée la plus élevée de l'une des variables principales

$$\xi, \ \eta, \ \zeta, \ldots$$

différentiée une ou plusieurs fois de suite par rapport à x.

» Observons à présent que l'on tire des équations (1)

$$\frac{d\xi}{dy} = v\xi, \ \frac{d\xi}{dz} = w\xi, \ldots \frac{d^2\xi}{dy^2} = v^2\xi, \ \frac{d^2\xi}{dydz} = vw\xi, \ldots \frac{d^2\xi}{dz^2} = w^2\xi, \text{ etc.} \ldots$$

$$\frac{d\eta}{dy} = v\eta, \ \frac{d\eta}{dz} = w\eta, \ldots \frac{d^2\eta}{dy^2} = v^2\eta, \ \frac{d^2\eta}{dydz} = vw\eta, \ldots \frac{d^2\eta}{dz^2} = w^2\eta, \text{ etc.} \ldots$$

$$\frac{d\zeta}{dy} = v\zeta, \ \frac{d\zeta}{dz} = w\zeta, \ldots \frac{d^2\zeta}{dy^2} = v^2\zeta, \ \frac{d^2\zeta}{dydz} = vw\zeta, \ldots \frac{d^2\zeta}{dz^2} = w^2\zeta, \text{ etc.} \ldots$$

etc...;

et qu'en ayant égard à ces dernières formules, on pourra immédiatement réduire le système des équations linéaires données à un système d'équations différentielles qui ne renferment plus que les dérivées de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ relatives à la seule variable indépendante x. Cela posé, nommons

$$u_1, \ u_2, \ldots \ldots u_n$$

les n racines de l'équation (4) résolue par rapport à u, et

$$A_1, \ B_1, \ C_1, \ldots; \quad A_2, \ B_2, \ C_2, \ldots \text{ etc.} \ldots\ldots; \quad A_n, \ B_n, \ C_n, \ldots$$

les valeurs correspondantes de A, B, C... Les équations linéaires données et les équations différentielles dont nous venons de parler, admettront les systèmes d'intégrales simples

$$(5) \quad \xi = A_1 e^{u_1 x + vy + wz \ldots}, \quad \eta = B_1 e^{u_1 x + vy + wz \ldots}, \quad \zeta = C_1 e^{u_1 x + vy + wz \ldots}, \text{ etc.} \ldots$$

$$(6) \quad \xi = A_2 e^{u_2 x + vy + wz \ldots}, \quad \eta = B_2 e^{u_2 x + vy + wz \ldots}, \quad \zeta = C_2 e^{u_2 x + vy + wz \ldots}, \text{ etc.} \ldots$$

etc...

$$(7) \quad \xi = A_n e^{u_n x + vy + wz \ldots}, \quad \eta = B_n e^{u_n x + vy + wz \ldots}, \quad \zeta = C_n e^{u_n x + vy + wz \ldots}, \text{ etc.},$$

et les intégrales générales des équations différentielles pourront être présentées sous la forme

$$(8)\quad \begin{cases} \xi = A_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots} + A_2 e^{u_2x+vy+wz\ldots} + \ldots + A_n e^{u_nx+vy+wz\ldots}, \\ \eta = B_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots} + B_2 e^{u_2x+vy+wz\ldots} + \ldots + B_n e^{u_nx+vy+wz\ldots}, \\ \zeta = C_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots} + C_2 e^{u_2x+vy+wz\ldots} + \ldots + C_n e^{u_nx+vy+wz\ldots}, \\ \text{etc.}\ldots \end{cases}$$

D'ailleurs, pour retrouver toutes les intégrales qu'on aurait obtenues, si l'on avait commencé par réduire au premier ordre les équations différentielles, en représentant par de nouvelles lettres une ou plusieurs dérivées de chaque variable principale différentiée une ou plusieurs fois par rapport à x, il suffira de joindre aux formules (5), (6),...(7) ou (8) leurs dérivées de divers ordres. Ainsi, par exemple, si les équations différentielles sont du second ordre relativement à chacune des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

différentiée par rapport à x, et renferment en conséquence avec ces variables, non-seulement les dérivées du premier ordre

$$\frac{d\xi}{dx},\quad \frac{d\eta}{dx},\quad \frac{d\zeta}{dx},\ldots$$

mais encore les dérivées du second ordre

$$\frac{d^2\xi}{dx^2},\quad \frac{d^2\eta}{dx^2},\quad \frac{d^2\zeta}{dx^2},\ldots$$

alors, en posant

$$(9)\qquad \frac{d\xi}{dx} = \varphi,\quad \frac{d\eta}{dx} = \chi,\quad \frac{d\zeta}{dx} = \psi,\ \text{etc.},\ldots$$

on devra aux intégrales particulières, représentées par les équations (5), joindre les formules

$$(10)\quad \varphi = A_1 u_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots},\quad \chi = B_1 u_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots},\quad \psi = C_1 u_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots},\ \text{etc.}\ldots$$

et aux intégrales générales, représentées par les équations (8), joindre les formules

$$(11)\quad \begin{cases} \varphi = A_1 u_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots} + A_2 u_2 e^{u_2x+vy+wz\ldots} + \ldots + A_n u_n e^{u_nx+vy+wz\ldots}, \\ \chi = B_1 u_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots} + B_2 u_2 e^{u_2x+vy+wz\ldots} + \ldots + B_n u_n e^{u_nx+vy+wz\ldots}, \\ \psi = C_1 u_1 e^{u_1x+vy+wz\ldots} + C_2 u_2 e^{u_2x+vy+wz\ldots} + \ldots + C_n u_n e^{u_nx+vy+wz\ldots}, \\ \text{etc.}\ldots \end{cases}$$

Ainsi encore, si les équations différentielles trouvées renferment les dérivées du troisième, du quatrième... ordre de la variable principale ξ, ou η, ou ζ,... différentiée plusieurs fois par rapport à x, il faudra joindre à la première, à la seconde, à la troisième... des formules (5) ou (8) celles qu'on en déduit par deux, trois... différentiations successives et relatives à la variable indépendante x.

» Supposons maintenant que la variable indépendante x représente une coordonnée perpendiculaire à un plan fixe, et que du côté des x positives, mais dans le voisinage du plan fixe, les équations linéaires et aux différences partielles, auxquelles doivent satisfaire les variables principales $\xi, \eta, \zeta,\ldots$ changent de forme, de telle sorte que les coefficients de ces variables et de leurs dérivées, devenus fonctions de la coordonnée x, varient très rapidement avec elle, entre les limites très rapprochées

$$x = 0, \quad x = \varepsilon.$$

Supposons, d'ailleurs, que les produits de ces mêmes coefficients par ε restent très petits, et nommons

$$\xi_\varepsilon, \eta_\varepsilon, \zeta_\varepsilon, \ldots \varphi_\varepsilon, \chi_\varepsilon, \psi_\varepsilon, \ldots$$

ce que deviennent, entre les limites dont il s'agit, non pas les valeurs générales des variables

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots \varphi, \chi, \psi, \ldots$$

mais des valeurs particulières de ces variables, je veux dire des valeurs fournies par un système d'intégrales particulières, par exemple, celles que fournissent les équations (5), et qui se déduisent des formules (5), (10), etc.... Puisque, par hypothèse, les coefficients des variables principales ξ, η, ζ,... et de leurs dérivées, dans les équations linéaires données, dépendent d'une seule des variables x, y, z,... savoir, de la coordonnée x, on vérifiera ces équations en supposant que

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots$$

considérés comme fonction de y, z,... sont tous proportionnels à une même exponentielle de la forme

$$e^{vy+wz+\ldots};$$

et, comme en admettant cette supposition, on pourra réduire les équations linéaires données aux équations différentielles dont nous avons parlé, nous devons conclure que ces équations différentielles pourront

être étendues au cas où les coefficients varient avec x, et fourniront alors les valeurs de

$$\xi_\epsilon, \quad \eta_\epsilon, \quad \zeta_\epsilon \dots$$

Cela posé, concevons que les n racines de l'équation (4) soient inégales, et nommons

$$u_1, \quad u_2, \dots \quad u_m,$$

celles des racines de cette équation qui offrent une partie réelle égale ou supérieure à la partie réelle de u_1. D'après ce qui a été dit dans le troisième paragraphe, les différences

$$\xi_\epsilon - \xi, \quad \eta_\epsilon - \eta, \quad \zeta_\epsilon - \zeta, \dots \quad \varphi_\epsilon - \varphi, \quad \chi_\epsilon - \chi, \quad \psi_\epsilon - \psi, \dots$$

devront vérifier toutes les équations produites par l'élimination des exponentielles

$$e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots}, \dots \quad e^{u_n x+vy+wz\dots},$$

entre les formules

$$(12)\begin{cases} \xi_\epsilon - \xi = A_{m+1}e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots} + \dots + A_n e^{u_n x+vy+wz\dots}, \\ \eta_\epsilon - \eta = B_{m+1}e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots} + \dots + B_n e^{u_n x+vy+wz\dots}, \\ \zeta_\epsilon - \zeta = C_{m+1}e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots} + \dots + C_n e^{u_n x+vy-wz\dots}, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

$$(13)\begin{cases} \varphi_\epsilon - \varphi = A_{m+1}u_{m+1}e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots} + \dots + A_n u_n e^{u_n x+vy+wz\dots}, \\ \chi_\epsilon - \chi = B_{m+1}u_{m+1}e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots} + \dots + B_n u_n e^{u_n x+vy+wz\dots}, \\ \psi_\epsilon - \psi = C_{m+1}u_{m+1}e^{u_{m+1}x+vy+wz\dots} + \dots + C_n u_n e^{u_n x+vy+wz\dots}, \\ \text{etc.}; \end{cases}$$

etc.

» Si aucune des racines de l'équation (4), résolue par rapport à u, n'offre une partie réelle inférieure à la partie réelle de u_1, on aura $m = n$, et alors les formules (12), (13),... dont les seconds membres se réduiront à zéro, donneront

$$(14) \quad \xi_\epsilon = \xi, \; \eta_\epsilon = \eta, \; \zeta_\epsilon = \zeta, \dots \; \varphi_\epsilon = \varphi, \; \chi_\epsilon = \chi, \; \psi_\epsilon = \psi \dots$$

» Si une seule des racines de l'équation (4), savoir u_n, offre une partie réelle inférieure à celle de u_1, on tirera des formules (12), (13),...

$$(15) \quad \frac{\xi_\epsilon - \xi}{A_n} = \frac{\eta_\epsilon - \eta}{B_n} = \frac{\zeta_\epsilon - \zeta}{C_n} = \dots = \frac{\varphi_\epsilon - \varphi}{u_n A_n} = \frac{\chi_\epsilon - \chi}{u_n B_n} = \frac{\psi_\epsilon - \psi}{u_n C_n} = \dots, \text{ etc.}$$

» Soient d'ailleurs

$$\xi_0, \quad \eta_0, \quad \zeta_0, \ldots \quad \varphi_0, \quad \chi_0, \quad \psi_0, \ldots$$

ce que deviennent

$$\xi_1, \quad \eta_1, \quad \zeta_1, \ldots \quad \varphi_1, \quad \chi_1, \quad \psi_1, \ldots$$

sur le plan fixe donné, c'est-à-dire lorsqu'on pose $x = 0$. En vertu des formules (14), (15),... les valeurs des variables,

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots \quad \varphi, \quad \chi, \quad \psi, \ldots$$

que déterminent les formules (5), (10), etc.,... c'est-à-dire leurs valeurs calculées comme si, dans le voisinage du plan fixe, les équations linéaires données ne changeaient pas de forme, devront, pour $x = 0$, satisfaire, si l'on a $m = n$, aux conditions

$$(16) \quad \xi = \xi_0, \quad \eta = \eta_0, \quad \zeta = \zeta_0, \ldots \quad \varphi = \varphi_0, \quad \chi = \chi_0, \quad \psi = \psi_0, \ldots$$

si l'on a $m = n - 1$, aux conditions

$$(17) \quad \frac{\xi - \xi_0}{A_n} = \frac{\eta - \eta_0}{B_n} = \frac{\zeta - \zeta_0}{C_n} = \ldots = \frac{\varphi - \varphi_0}{u_n A_n} = \frac{\chi - \chi_0}{u_n B_n} = \frac{\psi - \psi_0}{u_n C_n} = \ldots, \text{ etc.}$$

» Si les valeurs des variables principales $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ mesurées du côté des x positives, et à une distance finie du plan fixe, n'étaient plus celles que déterminent les formules (5), mais les sommes de celles que déterminent plusieurs des formules (5), (6),... (7), et renfermaient en conséquence dans leur expression plusieurs des exponentielles

$$e^{u_1 x + vy + wz \ldots}, \quad e^{u_2 x + vy + wz \ldots}, \ldots \quad e^{u_n x + vy + wz \ldots},$$

par exemple

$$e^{u_h x + vy + wz \ldots}, \quad e^{u_l x + vy + wz \ldots}, \text{ etc.},$$

alors, en nommant toujours

$$\xi_1, \quad \eta_1, \quad \zeta_1, \ldots \quad \varphi_1, \quad \chi_1, \quad \psi_1, \ldots$$

ce que deviendraient les valeurs de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \ldots \quad \varphi, \quad \chi, \quad \psi, \ldots$$

entre les limites $x = 0$, $x = \varepsilon$, eu égard au changement de forme des équations différentielles, et raisonnant d'ailleurs comme ci-dessus, on obtiendrait encore entre les différences

$$\xi_1 - \xi, \quad \eta_1 - \eta, \quad \zeta_1 - \zeta, \ldots \quad \varphi_1 - \varphi, \quad \chi_1 - \chi, \quad \psi_1 - \psi, \ldots$$

les équations de condition produites par l'élimination des exponentielles

$$e^{u_{m+1}x+vy+wz\ldots},\ldots\ e^{u_nx+vy+wz\ldots},$$

entre les formules (12), (13), pourvu que l'on désignât par

$$u_{m+1},\ldots\ u_n,$$

celles des racines de l'équation (4), dont la partie réelle serait inférieure à la partie réelle de chacune des racines

$$u_k,\ u_l,\ldots \text{ etc.}$$

Alors aussi, parmi les termes de la suite

$$u_{m+1},\ldots\ u_n,$$

on devrait ordinairement comprendre la plupart des racines u_k, u_l, etc., en excluant seulement celle dont la partie réelle serait la plus petite, ou du moins celles dont les parties réelles, égales entre elles, offriraient la moindre valeur.

» Nous avons ici supposé que l'équation (4) offrait n racines distinctes. On passera aisément de cette hypothèse au cas où plusieurs racines deviendraient égales, en commençant par admettre que ces mêmes racines diffèrent très peu les unes des autres.

» La méthode et les formules que nous venons d'exposer peuvent être appliquées, par exemple, aux équations linéaires que j'ai données dans le Mémoire sur la dispersion de la lumière, et qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle. Cette application n'offre aucune difficulté, dans le cas où les coefficients que renferment ces équations, ramenées par le développement des différences finies, en vertu du théorème de Taylor, à la forme d'équations linéaires aux différences partielles, demeurent constants à une distance finie du plan fixe qui limite le système donné. Alors on obtient, pour les molécules situées dans le voisinage du plan fixe, des équations de condition que nous développerons dans un autre Mémoire, et qui comprennent, comme cas particulier, les formules de Fresnel relatives à la réflexion et à la réfraction de la lumière. »

Note sur un théorème d'analyse, et sur son application aux questions de Physique mathématique.

« Il est assez facile d'intégrer les équations linéaires qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de molécules sollicitées par

des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle, et d'en déduire, par la méthode qui fait l'objet du précédent Mémoire, les équations relatives à un plan fixe qui limite le système donné, dans les cas où les coefficients que renferment les premières équations, ramenées à la forme d'équations aux différences partielles, demeurent constants à une distance finie du plan fixe. Mais cette dernière condition, qui peut être supposée remplie, quand il s'agit des molécules d'un corps homogène, ou bien encore des molécules du fluide éthéré pris isolément et placé dans le vide, doit cesser assurément d'être vérifiée, quand les molécules données sont celles d'une portion de fluide éthéré contenue dans un corps transparent ou opaque. En effet admettons, comme tout semble l'indiquer, que les molécules d'un corps, ou plutôt les atomes dont elles se composent, exercent une attraction sur les molécules éthérées. Ces dernières se rassembleront en plus grand nombre dans le voisinage d'un atome du corps, et par suite la densité de l'éther pourra varier sensiblement d'un point de l'espace à un autre dans un très petit intervalle. On peut donc s'étonner au premier abord de l'accord remarquable qui existe, comme nous le montrerons dans un autre article, entre les résultats des expériences relatives à la réflexion ou à la réfraction de la lumière, et les phénomènes que le calcul indique pour le cas où la densité de l'éther demeurerait invariable dans toute l'étendue d'un même corps. Il restait évidemment ici une difficulté qu'il m'a paru important de vaincre. J'y suis parvenu à l'aide d'un théorème d'analyse que je vais exposer en peu de mots. Ce théorème, appliqué à l'intégration d'une équation différentielle, peut s'énoncer comme il suit.

» *Théorème.* Soit donnée une équation différentielle linéaire d'un ordre quelconque entre une variable principale ξ, et une variable indépendante x, qui représentera, si l'on veut, une coordonnée mesurée perpendiculairement à un plan fixe. Si, dans tous les termes de cette équation, supposés proportionnels à la variable principale, ou à ses dérivées, les coefficients sont des fonctions de la coordonnée x, qui reprennent périodiquement les mêmes valeurs quand on fait croître ou décroître cette coordonnée en progression arithmétique, il suffira en général que la valeur numérique attribuée à x devienne très considérable relativement au rapport de la progression dont il s'agit, pour que la valeur de la variable principale se confonde sensiblement avec celle qu'on obtiendrait, si, dans l'équation donnée, on remplaçait chaque coefficient par sa valeur moyenne.

» *Démonstration.* Pour constater l'exactitude de ce théorème, commençons par considérer le cas où l'équation donnée peut s'intégrer en termes finis; et supposons, par exemple, que la variable principale ξ se trouve liée à la variable indépendante x par la formule

$$(1) \qquad \frac{d\xi}{dx} = \mathrm{R}\xi,$$

le coefficient R étant une fonction de x qui reprenne périodiquement la même valeur, quand on fait croître ou décroître x d'un multiple de la quantité positive a. Si l'on nomme ξ_0 la valeur de x correspondante à $x = 0$, l'intégrale de l'équation (1) sera de la forme

$$(2) \qquad \xi = \xi_0 e^{\int_0^x \mathrm{R}dx}.$$

Soit d'ailleurs

$$(3) \qquad \mathrm{A} = \int_0^a \mathrm{R}dx.$$

Le rapport $\frac{\mathrm{A}}{a}$ sera ce qu'on appelle la *valeur moyenne* du coefficient R, et représentera en effet la moyenne arithmétique entre les valeurs de R qui correspondent à des valeurs de x équidistantes, infiniment rapprochées les unes des autres, et comprises entre les limites $x = 0$, $x = a$. Cela posé, si l'on attribue à la variable x une valeur numérique qui soit très considérable par rapport à a, si, par exemple, en supposant x positif, on prend

$$(4) \qquad x = na + \alpha,$$

n étant un nombre entier fort grand et α une quantité comprise entre les limites 0, a, on trouvera

$$(5) \qquad \int_0^x \mathrm{R}dx = \int_0^{na} \mathrm{R}dx + \int_{na}^{na+x} \mathrm{R}dx;$$

et, comme on aura, en raison de la périodicité des valeurs du coefficient R,

$$(6) \qquad \int_0^{na} \mathrm{R}dx = n\int_0^a \mathrm{R}dx = n\mathrm{A},$$

la formule (5) donnera

$$(7) \qquad \int_0^n \mathrm{R}dx = n\mathrm{A} + \int_{na}^{na+\alpha} \mathrm{R}dx.$$

D'ailleurs l'intégrale

$$\int_{na}^{na+\alpha} \mathrm{R}dx,$$

equivalente au produit de α par une certaine valeur de R, sera une quantité du même ordre que l'intégrale A, et pourra, en général, être négligée vis-à-vis du produit nA, lorsque le nombre n deviendra considérable. On doit cependant excepter le cas où, la fonction R venant à passer par zéro entre les limites $x=0$, $x=a$, on aurait rigoureusement

$$\int_0^a \mathrm{R}dx=0 \quad \text{ou} \quad \mathrm{A}=0.$$

Dans tout autre cas, la formule (7) donnera sensiblement, pour de grandes valeurs de n,

$$\int_0^x \mathrm{R}dx=n\mathrm{A}=\frac{\mathrm{A}}{a}(x-\alpha),$$

et par suite

$$(8) \qquad \int_0^x \mathrm{R}dx=\frac{\mathrm{A}}{a}x,$$

puisque α sera très petit par rapport à x. On peut même observer que, dans tous les cas, la formule (8) sera rigoureusement exacte dès que l'on prendra pour x un multiple de a. Or, si l'on substitue dans la formule (2) la valeur de $\int_0^x \mathrm{R}dx$ tirée de l'équation (8), on trouvera

$$(9) \qquad \xi=\xi_0 e^{\frac{\mathrm{A}}{a}x};$$

et, conformément au théorème énoncé, la valeur précédente de ξ est précisément celle que fournirait la formule

$$(10) \qquad \frac{d\xi}{dx}=\frac{\mathrm{A}}{a}\xi,$$

à laquelle on parvient, en remplaçant, dans l'équation (1), le coefficient R par sa valeur moyenne $\frac{\mathrm{A}}{a}$.

» On arriverait aux mêmes conclusions si, au lieu d'intégrer l'équation (1) sous forme finie, on appliquait à cette équation la méthode d'intégration par séries. En effet, en intégrant à partir de $x=0$, les deux membres de l'équation (1) multipliés par dx, on trouvera

$$(11) \qquad \xi-\xi_0=\int_0^x \mathrm{R}\xi dx;$$

puis, en substituant plusieurs fois de suite la valeur de ξ tirée de l'équation (1) dans cette équation même, on en tirera

$$\begin{aligned}\xi &= \xi_0 + \int_0^x \mathrm{R}\xi dx \\ &= \xi_0 + \xi_0 \int_0^x \mathrm{R}dx + \int_0^x \mathrm{R} \int_0^x \mathrm{R}dxdx \\ &= \text{etc.};\end{aligned}$$

par conséquent

$$(12) \qquad \xi = \xi_0\left(1 + \int_0^x \mathrm{R}dx + \int_0^x \mathrm{R}\int_0^x \mathrm{R}dxdx + \ldots\right).$$

D'ailleurs, en vertu de la formule (8), on aura sensiblement, pour de grandes valeurs de x, ou pour de petites valeurs de a,

$$(13) \qquad \begin{cases} \int_0^x \mathrm{R}dx = \frac{\mathrm{A}}{a} x, \\ \int_0^x \mathrm{R}\int_0^x \mathrm{R}dxdx = \frac{\mathrm{A}}{a}\int_0^x \mathrm{R}xdx, \\ \text{etc.}; \end{cases}$$

et, comme, en intégrant par parties, on trouvera

$$\int_0^x \mathrm{R}xdx = x\int_0^x \mathrm{R}dx - \int_0^x\int_0^x \mathrm{R}dxdx,$$

puis, en ayant égard à la formule (8),

$$\int_0^x \mathrm{R}xdx = \frac{\mathrm{A}}{a}x^2 - \frac{\mathrm{A}}{a}\int_0^x xdx = \frac{\mathrm{A}}{a}\frac{x^2}{2},$$

la seconde des formules (13) pourra, sans erreur sensible, être remplacée par la suivante

$$(14) \qquad \int_0^x \mathrm{R}\int_0^x \mathrm{R}dxdx = \left(\frac{\mathrm{A}}{a}\right)^2 \frac{x^2}{2}.$$

En continuant ainsi, on reconnaîtra que, dans l'hypothèse admise, l'équation (12) peut être réduite à

$$(15) \qquad \xi = \xi_0\left[1 + \frac{\mathrm{A}}{a}x + \left(\frac{\mathrm{A}}{a}\right)^2 \frac{x^2}{1.2} + \ldots\right],$$

par conséquent à la formule (9).

» Concevons à présent qu'au lieu de l'équation (1) l'on considère la suivante

$$(16) \qquad \frac{d^2\xi}{dx^2} = \mathrm{R}\xi,$$

le coefficient de R étant toujours une fonction de x qui reprenne périodiquement les mêmes valeurs quand on fait croître ou décroître x d'un multiple de la quantité positive a. La première des démonstrations que

nous avons données de notre théorème, en prenant pour exemple l'équation (1), cessera d'être applicable, puisque l'équation (16) n'est pas du nombre de celles que l'on intègre facilement sous forme finie. Mais la seconde de ces démonstrations continuera de subsister. En effet, posons

$$\frac{d\xi}{dx} = \varphi,$$

et nommons ξ_0, φ_0, les valeurs des variables ξ, φ correspondantes à une valeur nulle de x. L'équation (16) pourra être remplacée par le système des équations simultanées

(17) $$\frac{d\xi}{dx} = \varphi, \quad \frac{d\varphi}{dx} = \mathrm{R}\xi,$$

et en intégrant, à partir de $x = 0$, les deux membres de chacune de ces dernières, multipliés par dx, on en tirera

(18) $$\xi = \xi_0 + \int_0^x \varphi dx, \quad \varphi = \varphi_0 + \int_0^x \mathrm{R}\xi dx,$$

par conséquent

(19) $$\xi = \xi_0 + \varphi_0 x + \int_0^x\int_0^x \mathrm{R}\xi dx dx;$$

puis, en substituant plusieurs fois la valeur de ξ, donnée par l'équation (19), dans cette équation même, on trouvera

(20) $$\left\{\begin{aligned} \xi = {} & \xi_0 \left(1 + \int_0^x\int_0^x \mathrm{R} dx dx + \ldots\right) \\ & + \varphi_0 \left(x + \int_0^x\int_0^x R x dx dx + \ldots\right). \end{aligned}\right.$$

Enfin, par des raisonnements semblables à ceux dont nous avons fait usage dans le premier exemple, on prouvera que la formule (20) peut être sensiblement réduite à

(21) $$\xi = \xi_0 \left(1 + \frac{\mathrm{A}}{a}\frac{x^2}{2} + \ldots\right) + \varphi_0 \left(x + \frac{\mathrm{A}}{a}\frac{x^3}{2.3} + \ldots\right),$$

ou, ce qui revient au même, à

(22) $$\xi = \frac{1}{2}\xi_0 (e^{ux} + e^{-ux}) + \frac{1}{2u}\varphi_0 (e^{ux} - e^{-ux}),$$

la valeur de u étant déterminée par l'équation

(23) $$u^2 = \frac{\mathrm{A}}{a}.$$

Or la valeur de ξ, donnée par la formule (22), est précisément celle que

l'on déduirait de l'équation différentielle

$$(24) \qquad \frac{d^2\xi}{dx^2} = \frac{A}{a}\xi,$$

à laquelle on parvient, en remplaçant dans l'équation (16), le coefficient R par sa valeur moyenne $\frac{A}{a}$.

» Le théorème énoncé pourra ainsi être démontré généralement, à l'aide de l'intégration par séries, quels que soient l'ordre de l'équation linéaire donnée et le nombre de ses termes. Il y a plus : le même théorème se démontrera encore de la même manière, si on l'étend à un système d'équations différentielles ou aux différences partielles, en l'énonçant comme il suit.

» *Théorème.* Considérons un système d'équations linéaires, différentielles ou aux différences partielles, entre plusieurs variables principales, qui seront, si l'on veut, des déplacements moléculaires, et plusieurs variables indépendantes, qui pourront être trois coordonnées x, y, z et le temps t. Si, dans les différents termes supposés proportionnels aux variables principales et à leurs dérivées, les coefficients sont des fonctions de x, y, z, qui reprennent périodiquement les mêmes valeurs quand on fait croître ou décroître chacune des coordonnées en progression arithmétique, par exemple, quand on fait varier x d'un multiple de a, y d'un multiple de b, z d'un multiple de c; il suffira en général que les rapports a, b, c des progressions arithmétiques soient très petits relativement aux valeurs numériques attribuées à x, y, z, pour que les valeurs correspondantes des variables principales se confondent sensiblement avec celles qu'on obtiendrait, en remplaçant dans les équations linéaires données, chaque coefficient par sa valeur moyenne.

» *Nota.* Il est bon d'observer que, dans le théorème énoncé, la valeur moyenne de chaque coefficient doit être calculée de la même manière que les ordonnées moyennes des courbes et des surfaces, les coordonnées du centre des moyennes distances, et la densité moyenne d'un corps. En conséquence, si l'on nomme R l'un quelconque des coefficients, sa valeur moyenne ne sera autre chose que le rapport de l'intégrale triple

$$\int_0^a \int_0^b \int_0^c \mathrm{R}\, dz\, dy\, dx$$

au produit a, b, c.

» Remarquons encore que, remplacer, dans les équations linéaires données, chaque coefficient par sa valeur numérique, revient à intégrer, par

rapport à x, y, z et entre les limites

$$x=0,\ x=a;\quad y=0,\ y=b;\quad z=0,\ z=c;$$

chaque membre de ces équations multiplié par les différentielles dx, dy, dz, en opérant comme si les variables principales et leurs dérivées représentaient des quantités constantes. En effet, en agissant de la sorte, on tirera, par exemple, de l'équation (1)

$$\frac{d\xi}{dx}\int_0^a dx = \xi\int_0^a \mathrm{R}dx,\quad \text{ou}\quad a\frac{d\xi}{dx} = \mathrm{A}\xi,$$

de l'équation (16)

$$\frac{d^2\xi}{dx^2}\int_0^a dx = \xi\int_0^a \mathrm{R}dx,\quad \text{ou}\quad a\frac{d^2\xi}{dx^2} = \mathrm{A}\xi,$$

etc. . . ;

de sorte que l'équation (1) ou (16) se trouvera remplacée par une autre qui coïncidera évidemment avec la formule (10) ou (24).

» En vertu de la proposition énoncée, pour rendre applicables à la théorie de la lumière les équations aux différences mêlées que j'ai données dans le Mémoire sur la dispersion, et qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle, il suffira de développer par la formule de Taylor les différences finies que ces équations renferment, puis de remplacer, dans les équations linéaires et aux différences partielles qu'on obtiendra de cette manière, chaque coefficient par sa valeur moyenne. Comme un tel remplacement n'altérera point la forme des équations linéaires dont il s'agit, on doit comprendre maintenant comment il arrive que les lois déduites de ces équations sont précisément celles qui régissent les divers phénomènes lumineux. Ainsi, en particulier, les lois de la polarisation de la lumière, établies par un calcul dans lequel on supposait que l'éther offrait partout la même densité, ne devront pas être restreintes au cas où les molécules éthérées sont placées dans le vide, et subsisteront lorsque ces molécules seront renfermées dans un milieu homogène, par exemple, dans un corps diaphane cristallisé, quoique dans ce dernier cas la densité de l'éther puisse subir des variations périodiques sensibles. Dans l'un et l'autre cas, la polarisation pourra être elliptique, ou circulaire, ou rectiligne, et les mouvements vibratoires des molécules seront précisément ceux qui caractérisent ces trois modes de polarisation. »

STATISTIQUE. — M. MOREAU DE JONNÈS présente le second volume de la *Statistique générale de France*, exécuté sous sa direction et publié par le Ministre du Commerce. Ce volume est le troisième de la collection. Il comprend le *commerce extérieur*, et remonte jusqu'à 1787. Le volume suivant traitera de l'agriculture de la France.

ENTOMOLOGIE. — M. LÉON DUFOUR adresse un Mémoire intitulé : *Révision et Monographie du genre* CEROPLATUS.

Le genre *Céroplate*, qui appartient à l'ordre des *Diptères*, a été établi par Bosc, et ne se compose que d'un très petit nombre d'espèces rares. Les mœurs de ces espèces, surtout à l'état de larve, étaient restées inconnues. Cependant Réaumur avait décrit la larve d'une espèce, mais sans entrer dans beaucoup de détails à cet égard. M. Dufour a eu l'occasion d'étudier, dans tous ses états, sous le rapport de ses habitudes et de son organisation, l'espèce qui a servi de type à l'établissement du genre *Ceroplatus tipuloïdes*.

RAPPORTS.

Rapport sur un Mémoire de M. PIRIA, *intitulé :* Recherches sur la Salicine et les produits qui en dérivent.

(Commissaires, MM. Robiquet, Pelouze, Dumas rapporteur.)

« La Salicine découverte, il y a quelques années, dans l'écorce de saule, par M. Leroux, a déjà fixé l'attention de l'Académie, qui, prenant en considération les services que cette belle substance rend à la thérapeutique, a décerné à son inventeur un des prix de la succession Montyon. On ne prévoyait guère alors que la Salicine deviendrait un jour l'un des corps les plus remarquables de chimie organique, et tout l'intérêt qu'elle pouvait inspirer se concentrait dans ses applications à l'art de guérir.

» Aux yeux des chimistes, la Salicine prenait place parmi les corps équivoques dont les propriétés mal définies font généralement le désespoir de ceux qui se livrent à leur examen. Ce ne sont ni des acides, ni des bases, ni des corps éthérés, ni, en un mot, aucune de ces matières douées de réactions nettes que l'on aime à rencontrer et à étudier.

» Mais la Salicine et ses analogues possèdent précisément, en rai-

son même de leur nature mal tranchée, des propriétés qui fixeront sur eux l'attention des chimistes à l'avenir; car tout concourt à prouver que ce sont là des corps renfermant quelques-uns de leurs éléments à un état instable et qui, par cela même, tendent à se convertir, sous l'influence des agents énergiques, en des composés nouveaux doués d'une plus grande stabilité.

» C'est ainsi que M. Piria, dès son début, a découvert une réaction nette à l'aide de laquelle les acides convertissent la Salicine en une matiere résinoïde et en sucre de raisin. Personne n'aurait prévu ce dernier résultat auquel tout semble promettre de revêtir un jour le caractère d'une loi générale applicable à une certaine classe de corps dont la Salicine serait le type.

» Mais quand l'auteur a eu trouvé que la Salicine se change par les acides en sucre de raisin et en résine, et qu'il s'est demandé comment cette conversion s'opère, le secret lui a échappé doublement, soit qu'il ait essayé de passer de la formule de la Salicine à celle de ces produits, soit qu'il ait cherché à s'expliquer la nature de la force mise en jeu dans ces réactions. C'est que, d'un côté, la formule de la Salicine est peut-être encore un peu douteuse, ce qui rend la comparaison difficile entre ce corps et ceux qui en dérivent; c'est que, d'une autre part, l'action des acides sur la Salicine rentre dans cette classe de phénomènes obscurs qu'on range aujourd'hui provisoirement dans un même groupe sous le nom de *phénomènes de contact*.

» Ainsi, M. Piria, après avoir analysé la Salicine et le salicinate de plomb, apres avoir découvert que les acides convertissent la Salicine en résine et sucre de raisin, et après avoir analysé ces deux produits, se croit forcé de conclure que la conversion de la Salicine en résine et sucre, se fait en vertu d'une force inconnue, et que le partage des éléments s'établit d'une manière qu'on ne peut encore s'expliquer.

» Voilà certes des résultats peu encourageants. Mais qu'on ne s'y trompe point: dans l'étude des matières complexes, comme la Salicine, lorsqu'une réaction échappe à l'analyse ou n'offre rien d'important, une autre vous dédommage amplement; c'est ce qui est arrivé à M. Piria.

» En effet, soumet-on la Salicine à l'action d'un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique étendu, et bientôt l'on voit l'acide chromique perdre une portion de son oxigène et passer à l'état d'oxide de chrôme. La Salicine se trouve donc ainsi soumise à l'action d'une influence oxidante. A son aide, elle se transforme en nouveaux produits, parmi

lesquels figurent l'acide carbonique et l'acide formique, comme on pouvait s'y attendre; mais dont le principal est une huile analogue pour l'aspect aux huiles volatiles, et qui constitue un corps nouveau de la plus haute importance.

» Ce corps joue, en effet, le rôle d'un hydracide ou d'un hydrure. L'hydrogène s'y trouve uni à un radical ternaire $C^{28}H^{10}O^{4}$, et l'hydrure se représente par $C^{28}H^{10}O^{4}, H^{2}$, dans lequel on voit apparaître un radical semblable à celui de l'huile d'amandes amères, et n'en différant que par deux atomes d'oxigène qu'il renferme de plus.

» M. Piria désigne ce radical sous le nom de *salicyle*, et il est bien entendu que ce n'est qu'un symbole, de même que la plupart des radicaux de la Chimie organique; mais une fois admis, il devient très facile à son aide de suivre toutes les réactions découvertes par M. Piria.

» En effet, l'hydrure de salicyle perd, sous l'influence du chlore, deux volumes d'hydrogène, gagne deux volumes de chlore et constitue ainsi le chlorure de salicyle, $C^{28}H^{10}O^{4}, Ch^{2}$. Le bromure $C^{28}H^{10}O^{4}Br^{2}$, se prépare de la même manière et constitue, comme le chlorure, un composé cristallisable, volatil et très stable.

» Nous comparions tout-à-l'heure l'hydrure de salicyle à l'hydrure de benzoïle; mais quelques mots feront saisir les différences caractéristiques qui existent entre eux.

» L'hydrure de benzoïle absorbe l'oxigène de l'air et se change en acide benzoïque; l'hydrure de salicyle est inaltérable à l'air.

» Le chlorure de benzoïle traité par les alcalis se change en chlorure métallique et en benzoate; le bromure de salicyle s'unit aux alcalis sans altération.

» L'hydrure de benzoïle ne s'unit point aux oxides métalliques; l'hydrure de salicyle s'unit à eux ou réagit sur eux à la manière des hydracides, et forme ainsi des corps bien définis cristallisables, comme les salicylures de potassium ou de barium, ou bien insolubles comme celui de cuivre.

» Ainsi, l'hydrure de salicyle et celui de benzoïle appartiennent à la même famille, mais leur comparaison élargit nos idées sur la Chimie organique, en nous montrant dans les composés binaires du salicyle une stabilité que l'étude du benzoïle ne faisait pas prévoir.

» Bien plus, si l'on traite le chlorure de benzoïle par l'ammoniaque, il se forme de l'acide chlorhydrique et le produit qu'on a désigné sous le nom de *benzamide*. Soumet-on le chlorure de salicyle au même traite-

ment, ce n'est pas son chlore qu'il abandonne, mais une portion de son oxigène, et il en résulte un composé très remarquable par la quantité fractionnaire d'azote qu'il renferme. C'est le composé $C^{28}H^{10}O^{4}Az^{\frac{4}{3}},Ch^{2}$, dans lequel $Az^{\frac{4}{3}}$ représente les deux volumes d'oxigène qui ont disparu.

» Comme l'hydrure de salicyle ne s'oxide point à l'air; comme le chlorure de salicyle ne décompose ni l'eau, ni les alcalis, on pouvait désespérer de voir se produire la combinaison oxigénée correspondante à l'hydrure de salicyle, c'est-à-dire l'acide salicylique.

» M. Piria est parvenu à l'obtenir, en traitant l'hydrure de salicyle par la potasse concentrée et bouillante. Il se forme de l'acide salicylique $C^{28}H^{10}O^{5}$ et il se dégage de l'hydrogène. Comme on voit, l'acide salicylique est à l'acide benzoïque ce que l'acide azotique est à l'acide azoteux. A beaucoup d'égards, du reste, l'acide salicylique ressemble à l'acide benzoïque; il est, comme lui, peu soluble, fusible, volatil, et cristallise par sublimation en longues aiguilles.

» Telle est, en résumé, l'histoire des composés du salicyle que M. Piria a eu l'occasion d'étudier. Il faut ajouter que par un contraste bizarre, tandis que l'hydrure de salicyle est très stable, le salicylure de potassium qui cristallise d'ailleurs en belles lames dorées, s'altère à l'air avec une rapidité singulière et se transforme en absorbant l'oxigène en un acide noir et en acétate de potasse.

» Après la découverte de l'hydrure de salicyle, l'un de nous s'est convaincu que ce corps possède les caractères et la composition de l'huile volatile acide découverte dans l'eau distillée de *spiræa ulmaria* par M. Pagenstecher, pharmacien à Berne. A la vérité, quelques analyses publiées par M. Löwig, professeur de chimie à Zurich, donnaient à l'huile de spiræa une formule très différente, car il la représentait par $C^{24}H^{12}O^{4}$; mais les analyses faites par l'un de nous ne laissent aucun doute sur l'inexactitude des premières expériences de M. Löwig.

» Tout récemment, ce dernier vient de publier une rectification de ces premières recherches; abandonnant ses anciennes formules et se rapprochant des résultats obtenus en France, il adopte la formule $C^{26}H^{12}O^{4}$ qu'il appuie sur des analyses nombreuses (1).

» Votre rapporteur a pensé que dans de telles circonstances, il était

(1) Voir *Annalen der Physik und Chemie*, von Poggendorf; 1839, p. 57; ou bien, *Chemie von organischen Verbindungen*, von Carl Löwig; 1839. Supplément.

difficile de ne pas revoir quelques-unes des analyses fondamentales du travail de M. Piria. En effet, toutes les réactions connues de l'hydrure de salicyle se retrouvent dans l'huile de Spiræa; l'identité de ces corps n'est pas douteuse. D'un autre côté, comme il n'existe plus d'huile de Spiræa à Paris, et qu'en tout cas, les produits qu'elle donne paraissent renfermer quelques impuretés difficiles à séparer des produits principaux, l'analyse des combinaisons du salicyle doit être préférée pour fixer la formule de ces corps.

» Voici quelques analyses faites sur des produits très purs préparés par M. Piria, avec beaucoup de soin.

» *Hydrure de salicyle.* — 0,305 de cette matière ont donné 0,762 acide carbonique;

» 0,335 *idem* ont produit 0,836 acide carbonique et 0,152 eau.

» Ces résultats équivalent en centièmes aux nombres suivants :

	I.	II.		Calcul.
Carbone...	69,12	69,05	C^{28}...	69,26
Hydrogène.	»	5,04	H^{12}...	4,84
Oxigène....	»	25,91	O^{4}....	25,90
		100,00		100,00

» *Chlorure de salicyle.* — 0,300 d'un produit en cristaux prismatiques obtenus par l'alcool et d'une pureté parfaite, ont donné 0,089 eau, et 0,587 acide carbonique; ce qui donne

			Calcul.
Carbone.....	54,13	C^{28}...	54,18
Hydrogène....	3,29	H^{10}...	3,16
		O^{4}....	20,25
		Ch^{2}..	22,41
			100,00

» *Salicylure de cuivre.* — 0,400 de cette matière ont fourni 0,125 eau et 0,799 acide carbonique;

» 0,417 ont fourni 0,103 oxide de cuivre;

d'où l'on déduit

Carbone.......	55,27	C^{28}...	55,50
Hydrogène.....	3,46	H^{10}...	3,24
Oxigène.......	21,53	O^{4}....	20,74
Cuivre........	19,74	Cu...	20,52
	100,00		100,00

» Ainsi les formules de M. Piria sont pleinement confirmées par ces ana-

lyses, et tout porte à croire que le nouveau travail de M. Lœwig estime encore trop bas le carbone de ces divers corps.

» Voici les formules des divers produits examinés par M. Piria :

$H^2,C^{28}H^{10}O^4$........ hydrure de salicyle,
$Ch^2,C^{28}H^{10}O^4$........ chlorure de salicyle,
$Br^2,C^{28}H^{10}O^4$........ bromure de salicyle,
$Cu,C^{28}H^{10}O^4$........ salicylure de cuivre,
$K,C^{28}H^{10}O^4+Aq$..... salicylure de potassium,
$Ba,C^{28}H^{10}O^4+2Aq$... salicylure de barium,
$O,C^{28}H^{10}O^4$........ acide salicylique,
$O,C^{28}H^{10}O^4,AgO$..... salicylate d'argent,
$Az^2O^4,C^{28}H^{10}O^4$..... nitro-salicide,
$Ch^2,C^{28}H^{10}Az^{\frac{4}{3}}O^2$..... chlorosamide,
$Br^2,C^{28}H^{10}Az^{\frac{4}{3}}O^2$..... bromosamide.

» Remarquons en passant que l'hydrure de salicyle possède exactement la même composition que l'acide benzoïque ordinaire, que ces deux corps ont la même densité sous forme de vapeurs, et que leurs combinaisons avec les bases présentent la même composition.

» C'est un des cas d'isomérie les mieux établis et les mieux expliqués. Car on peut dire à la fois pourquoi les deux corps se ressemblent par la composition, et comment ils diffèrent par l'arrangement des éléments.

» Il serait facile de faire ressortir tout ce que le travail de M. Piria renferme d'important pour la théorie de la Chimie organique, mais ce serait sortir du rôle d'une Commission que d'aborder ici des discussions dans lesquelles chacun de nous veut et doit conserver son individualité.

» Dans le travail que M. Piria a soumis au jugement de l'Académie, on remarque les points suivants :

» 1°. La conversion de la Salicine au contact des acides en sucre de raisins et en résine ;

» 2°. La conversion de la Salicine par l'action de l'acide sulfurique et du bichromate de potasse en une huile volatile, circonstance tout-à-fait nouvelle dans le mode de production des huiles essentielles ;

» 3°. L'isomérie exacte de cette huile avec l'acide benzoïque sous le triple rapport de la composition, de la densité en vapeur et du poids atomique ;

» 4°. La démonstration que cette huile doit être envisagée comme l'hydrure d'un radical ternaire analogue au benzoïle et dont la formule devient $C^{28}H^{10}O^4,H^2$;

» 5°. L'étude exacte de cet hydrure et celle des corps qui en dérivent, et qui tous sont remarquables par leur stabilité, leur facile production, leur belle cristallisation et la netteté des phénomènes auxquels ils donnent naissance.

» M. Piria a fait preuve, dans le cours du long travail auquel il s'est livré sur cette matière, d'une rare pénétration et d'une sûreté de jugement peu commune. Les réactions qu'il observait ont été bien analysées, les corps obtenus étudiés par les procédés les plus exacts et les plus convenables.

» Il lui reste un regret, c'est de n'avoir pas pu éclaircir encore la manière dont l'hydrure de benzoïle dérive de la Salicine. La formule $C^{40}H^{28}O^{11}$ étant adoptée pour la Salicine, donnerait $C^{28}H^{14}O^{4} + C^{12}H^{14}O^{7}$ qui représentent du sucre de raisin et du bihydrure de salicyle. Elle s'accorde assez bien avec l'analyse de la Salicine; elle explique bien l'action oxidante qui détruirait les éléments du sucre et dégagerait l'hydrure de salicyle. Mais cette formule s'accorde mal avec l'analyse du salicinate de plomb et du produit de l'action du chlore sur la Salicine. Cependant M. Piria doit la soumettre à de nouvelles épreuves, à la demande de votre Commission.

» Cette circonstance écartée, le travail de M. Piria demeure comme l'un des plus parfaits dont la Chimie organique se soit dès long-temps enrichie. Il fait présager tout ce que la Chimie doit espérer des travaux de ce jeune savant, qui va bientôt reporter à Naples, sa patrie, le goût des études fortes et sérieuses.

» En vous demandant une place honorable dans le *Recueil des Savans étrangers* en faveur du Mémoire de M. Piria, votre Commission ne fait que remplir un devoir; car l'exactitude des résultats qu'il contient, leur importance et leur nouveauté lui dictaient cette conclusion. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

Rapport sur un Mémoire de M. Stas, *ayant pour titre :* Recherches chimiques sur la Phlorizine.

(Commissaires, MM. Dumas, Pelouze, et Robiquet rapporteur.)

« La découverte de la Phlorizine ne date que de 1835, époque à laquelle MM. Koninck et Stas en firent connaître l'existence à l'Académie de Bruxelles. On l'extrait principalement de l'écorce de racine de pommiers. C'est une substance blanche, cristalline, d'une saveur douceâtre avec arrière-goût d'amertume, fort peu soluble à l'eau froide, soluble presque

en toutes proportions dans l'eau bouillante. L'alcool et l'esprit de bois la dissolvent même à froid, tandis que l'éther en retient à peine des traces. La solution aqueuse précipite par le sous-acétate de plomb, elle est sans action sur les papiers de tournesol. La Phlorizine ne contient pas d'azote.

» Les auteurs de cette découverte donnèrent d'abord peu d'extension à leurs recherches; ils se bornèrent pour ainsi dire à signaler l'existence de ce nouveau principe immédiat, et à en constater les caractères principaux; aussi la Phlorizine se trouvait-elle en quelque sorte reléguée parmi les nombreux produits organiques qui méritent peu de fixer l'attention; mais M. Stas, venu à Paris pour continuer ses études chimiques, et se trouvant dans les circonstances les plus favorables pour reviser son premier travail et y mettre la dernière main, s'est livré à cette entreprise avec succès et l'on peut même dire avec bonheur, ainsi qu'on va le voir.

» Le premier soin de M. Stas a été de déterminer d'une manière précise la vraie nature de la Phlorizine, et, pour y parvenir, il a d'abord étudié l'action de la chaleur sur ce corps, puis il l'a analysée soit à l'état libre, soit combinée avec l'oxide de plomb, et c'est par suite de cette étude bien suivie qu'il est arrivé à établir que la Phlorizine cristallisée doit être représentée par $C^{64} H^{32} O^{12} + 3 H^2 O + 3 Aq$; que privée de son eau de cristallisation, elle contient encore $C^{64} H^{32} O^{12} + 3 H^2 O$; et qu'enfin lorsqu'elle est tout-à-fait anhydre et telle qu'elle se trouve quand elle est combinée avec l'oxide de plomb, sa formule se réduit à $C^{64} H^{32} O^{12}$.

» Une fois que M. Stas a été bien fixé sur la vraie composition de son produit, il a cherché à connaître les différentes modifications qu'elle subirait en la soumettant à l'influence de divers agents, et il a vu d'abord que la plupart des acides lui faisaient éprouver une sorte de dédoublement, et que deux corps distincts résultaient de cette réaction, savoir: d'une part, du sucre de raisin, et de l'autre, un nouveau produit auquel M. Stas a donné le nom de *Phlorétine*. C'est une substance blanche cristallisée en petites lames, d'une saveur sucrée; elle est peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'acide acétique et les alcalis.

» Nul autre produit ne se forme dans cette réaction des acides, et en cela les faits marchent bien d'accord avec les analyses, puisque la formule de la Phlorizine peut être exactement traduite dans celle d'un certain nombre d'atomes de phlorétine et de sucre de raisin.

» L'acide nitrique paraît d'abord agir sur la Phlorizine, à la manière

des autres acides; mais comme il cède facilement de l'oxigène, il finit par la transformer elle-même en un acide particulier que M. Stas nomme acide phlorétique, et qui a pour formule $C^{42}H^{18}O^{10}Az^{2}$.

» Une autre réaction, et qui paraîtra sans doute plus importante, est celle qu'exerce l'ammoniaque. M. Stas a vu, en effet, que si à cette influence alcaline on ajoute celle de l'oxigène et de l'humidité, la Phlorizine se transforme en une matière colorante qui compte l'azote au nombre de ses éléments.

» Les chimistes savent que l'un des membres de cette Commission a découvert dans les différents lichens qui servent à la fabrication de l'orseille, une matière sucrée, soluble, cristallisable, volatile et parfaitement incolore, qui se transforme également et précisément sous les mêmes influences que pour la Phlorizine, en une substance azotée, non volatile, colorée et teignante, qui ne conserve aucun des caractères de la matière primitive d'où elle dérive. On sait que c'est aussi sous les mêmes influences qu'on développe ou plutôt qu'on produit la matière colorante des lichens de l'orseille, puique cette couleur se fabrique en faisant subir à ces lichens une sorte de fermentation au milieu du triple concours de l'air, de l'humidité et d'une vapeur ammoniacale.

» On conçoit que celui qui fit le premier ces curieuses observations se trouva nécessairement conduit à émettre la pensée que c'était très probablement ainsi que se formaient beaucoup de matières colorantes, et il alla même jusqu'à indiquer comme possible que l'indigo ne fût, dans son origine, qu'une matière incolore et non azotée, devant puiser dans l'air humide et l'ammoniaque les principes qui lui manquent pour se constituer matière teignante. Ainsi, à son avis, c'était par l'entremise de l'ammoniaque que l'azote était admis dans la composition de certains produits organiques végétaux.

» Ces vues, qui avaient pu paraître dans le temps un peu hasardées, reçurent quelques années plus tard une première sanction par les expériences de M. Heeren sur l'érythrine et la pseudo-érythrine, substances incolores qui se trouvent dans le *lichen roccella* et qui, sous les mêmes influences, se changent en matières colorantes. Aujourd'hui les intéressantes expériences de M. Stas, sur la Phlorizine, viennent offrir une nouvelle confirmation de ces idées, et d'autant plus importante qu'elle part d'un nouveau groupe de végétaux, et qu'elle fait prévoir que cette série de matières colorantes, dont l'orcine est le type, deviendra nombreuse.

» Ce jeune et laborieux chimiste ne s'est pas borné à signaler le fait de la transformation de la Phlorizine en matière colorante, et à chercher quels étaient les agents qui coopéraient à cette transformation; il a voulu aussi connaître dans quel rapport tous ces éléments se combinaient, et quelle relation la matière première conservait avec ses dérivés. Pour résoudre toutes ces questions, M. Stas a eu recours à l'analyse élémentaire, et les résultats auxquels il est arrivé l'ont autorisé à considérer la matière colorante à laquelle il a donné le nom de *phlorizéine*, comme un véritable sel ammoniacal, en telle sorte que la Phlorizine ne passerait à l'état de matière colorante qu'en absorbant un certain nombre d'atomes d'oxigène et d'ammoniaque. En effet, en doublant la formule de la Phlorizine anhydre, on a $C^{128}H^{64}O^{24}$, qui augmentée de 3 équival. d'ammoniaque et de 14 d'oxigène, devient $C^{128}H^{82}Az^{6}O^{38}$ qui représente la composition de la phlorizéine.

» Si l'on éprouve déjà de grandes difficultés pour acquérir des idées bien arrêtées sur l'exacte composition de corps qui cependant possèdent des caractères bien tranchés, et qui offrent de grandes garanties de pureté; combien ne doit-on pas conserver d'incertitude sur les formules rationnelles de produits qui ne sont ni cristallisables ni volatils, et dont on ne connaît aucun moyen de constater l'homogénéité. Au reste, si les vues théoriques ont le grand avantage d'agrandir la science et de satisfaire l'esprit, elles ont aussi la fâcheuse prérogative de l'instabilité, et il ne convient pas toujours d'y ajouter une grande importance; mieux vaut prendre soin d'enregistrer les faits, parce que c'est là en réalité ce qui forme le fonds inaliénable de la science. Ici donc, disons que le principal mérite de M. Stas consiste non-seulement dans le nouvel exemple qu'il nous fournit des moyens que la nature emploie pour produire certaines matières colorantes et pour faire passer l'azote au nombre de leurs principes constituants, mais en ce qu'il a en outre démontré que par la réaction des acides la Phlorizine se change en sucre de raisin, ce qui porte à croire, dit M. Stas, que c'est sous cette influence des acides que la matière sucrée prend naissance dans les fruits; mais déjà cette idée a été produite par plusieurs chimistes, et plus particulièrement par M. Couverchel qui s'est beaucoup occupé, comme l'Académie le sait, des phénomènes de la maturation des fruits. Voici en effet comment cet auteur s'exprime dans le 1er paragraphe du résumé de son Mémoire :

« La maturation des fruits à péricarpes charnus s'opère par la réaction » des principes qui entrent dans leur composition. Il est à présumer que

» la sève s'acidifie dans son passage des jeunes branches à l'ovaire, par » suite de la décomposition de l'eau et de la fixation de l'oxigène. En con- » séquence, des acides sont formés; puis, favorisés par l'action de la cha- » leur, ils réagissent sur la gélatine et la transforment en matière sucrée. »

» Dans un autre passage du même Mémoire, M. Couverchel rapporte une expérience entreprise dans le but de suppléer à la gélatine non encore développée.

« J'ai pris, dit-il, du jus de raisin encore vert et dans lequel par consé- » quent l'acidité prédominait, tandis qu'il était dépourvu de saveur su- » crée; j'y ai ajouté une certaine quantité de fécule modifiée ou *gomme* » *normale* (c'est le même produit auquel on a donné trois ans plus tard » le nom de *Dextrine*). Après avoir chauffé pendant quelque temps, je suis » parvenu à développer dans le mélange assez de matière sucrée pour lui » faire acquérir la saveur du vin doux et le faire passer à la fermentation. »

» Ainsi, on le voit, la pensée tout entière de M. Couverchel est que la production de la matière sucrée dans les fruits résulte de la réaction des acides sur la partie gommeuse ou gélatineuse, et c'était en effet la consé- quence toute naturelle qu'on devait déduire de diverses observations anté- rieures. Celle toute récente, et fort curieuse, de M. Stas, vient nous dé- montrer de plus que cette partie gélatineuse ou gommeuse n'est pas la seule qui puisse se transformer en produit sucré sous l'influence des acides. Déjà M. Piria a fait voir que la salicine produit aussi du sucre de raisin dans les mêmes circonstances.

» En dernière analyse nous ferons remarquer que la Phlorizine, qui, d'abord, comme nous l'avons dit, n'avait excité qu'un bien faible intérêt, est venue tout-à-coup, et grâce aux intéressantes recherches de M. Stas, acquérir un grand relief, puisqu'elle nous offre tout-à-la-fois un nouvel exemple de la transition des matières incolores en substances teignantes, et de la production du sucre de raisin sous l'influence des acides.

» Si nous ajoutons à cela que ce jeune chimiste ne s'est point borné à la simple observation des faits, et qu'il a cherché par de nombreuses ana- lyses à expliquer toutes ces transitions, toutes ces réactions, et à fixer les chimistes sur la vraie composition des divers produits qu'il a obtenus, on reconnaîtra que nous devons réclamer l'approbation et les encouragements de l'Académie pour un pareil travail. En conséquence, la Commission a l'honneur de proposer l'insertion du Mémoire de M. Stas dans le *Recueil des Savans étrangers*. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

Rapport sur un Mémoire de M. Demonferrand.

(Commissaires, MM. Poisson et Libri.)

« L'Académie nous a chargés, M. Poisson et moi, d'examiner un Mémoire de M. Demonferrand, *sur les rectifications de quelques documents relatifs à la Statistique de la France.*

» L'auteur qui s'occupe assidûment de ce genre de recherches, et dont l'Académie a déjà couronné les travaux, s'est proposé, dans ce Mémoire, de discuter les discordances qui existent entre les résultats numériques qu'il avait déjà obtenus et ceux qu'on a publiés dans la *Statistique de la France :* ces discordances, dont il a présenté le tableau à l'Académie, s'élèvent à 197; elles sont de deux espèces; la plupart tiennent à des erreurs matérielles qui se trouvent dans les documents originaux, et que M. Demonferrand a rectifiées; d'autres, en bien plus petit nombre, dépendent de l'emploi de documents différents.

» Le Mémoire qui était soumis à notre examen se composant presque uniquement de tableaux comparatifs, qui ne contiennent que des chiffres avec l'indication de l'année et du département auxquels ces chiffres se rapportent, il serait impossible de reproduire dans ce Rapport tous les éléments de la discussion à laquelle s'est livré M. Demonferrand. Nous nous bornerons à dire que pénétré de l'importance de cette discussion, qui est intimement liée à la connaissance de la population de la France, et par là à une foule d'intérêts divers, le rapporteur de la Commission a cru ne pouvoir mieux remplir les intentions de l'Académie qu'en allant lui-même aux Archives du royaume examiner les documents originaux qu'on y conserve, et qui ont servi de base aux travaux statistiques dont nous parlons. Le résultat de cet examen a été tout-à-fait favorable à M. Demonferrand. Ayant choisi au hasard un certain nombre de localités, nous avons refait toutes les additions, et nous avons trouvé toujours que lorsque M. Demonferrand annonçait une faute d'addition, cette faute existait réellement et qu'elle avait été corrigée exactement par lui. Ces additions ont été répétées plusieurs fois, et l'examen auquel on s'est livré ne semble pouvoir laisser aucun doute à ce sujet.

» Quelquefois l'auteur du Mémoire dont nous devons rendre compte à l'Académie, n'a pas corrigé des fautes d'additions, mais des fautes de transcription. On conçoit, en effet, que lorsque les autorités départementales ont envoyé à Paris le résultat des recherches statistiques

qu'elles devaient faire par ordre du Gouvernement, il a pu arriver qu'en transcrivant cette multitude prodigieuse de chiffres, les personnes qui étaient chargées de ce travail se soient trompées de différentes manières. Tantôt c'est un chiffre qui a pu être écrit pour un autre, et cette erreur a dû avoir plus ou moins d'influence sur le résultat total suivant qu'elle avait lieu dans la colonne des unités, des dixaines, des centaines, etc. Tantôt c'est un chiffre que l'on a oublié d'écrire, et le nombre a été rendu par là dix fois plus petit qu'il ne devait l'être en effet. Les personnes qui se sont occupées de ce genre de recherches savent que c'est principalement sur certains chiffres que portent les erreurs. Ainsi, par exemple, le 3 et le 5 offrent un certain air de ressemblance qui fait qu'on les forme souvent de manière à ce qu'on ne puisse plus les distinguer ensuite : l'unité, le 7 et le 9 se trouvent quelquefois dans le même cas. De plus, lorsque dans un nombre le même chiffre se trouve répété plusieurs fois de suite, on néglige quelquefois un de ces chiffres, et l'on rend, comme nous l'avons déjà dit, le nombre dix fois plus petit. Il faut remarquer ici que ce genre d'erreur porte principalement sur les omissions, et que les cas où l'on ajoute un chiffre de trop sont extrêmement rares. Ces erreurs inévitables qui ont quelquefois une influence notable sur les résultats sont les plus difficiles à corriger, et on ne peut le faire que par interpolation : cependant, dès qu'on a pu les reconnaître, on est certain d'en diminuer beaucoup la gravité, et souvent on peut rétablir le véritable chiffre à la place de celui qui avait été écrit par inadvertance.

» A la vérité, lorsque ces erreurs de transcription ne portent que sur des unités ou sur des dixaines, rien ne peut les signaler dans les tables que nous avons examinées; mais dès qu'il s'agit d'une erreur dans les centaines, les nombres individuels inscrits sur ces tables sont rarement assez grands pour qu'on ne puisse immédiatement s'apercevoir qu'il y a là une anomalie qui n'est pas d'accord avec les lois générales de la population. Alors en appliquant ces lois, qui donnent toujours un résultat approximatif, en les combinant avec une simple interpolation et en y joignant l'examen de la forme particulière du chiffre sur lequel porte l'erreur, on parvient toujours à diminuer l'influence de cette erreur : souvent on la fait disparaître entièrement. C'est ainsi, par exemple, qu'en voyant dans les pièces originales qui sont aux archives, et qui se rapportent au département d'Indre-et-Loire, la naissance, au mois d'août 1815, de 23 garçons et de 202 filles, on a pu reconnaître l'oubli d'un chiffre dans le premier nom-

bre ; et qu'en trouvant pour le mois de mars de la même année, dans le département de l'Isère, 163 naissances masculines et 706 naissances féminines, on a pu constater que l'on avait écrit un 1 pour un 7 dans le premier de ces deux nombres. Ces anomalies doivent toujours être signalées, et quand on les rencontre elles sont presque infailliblement l'indice d'une faute grave. Lorsque, pour ne choisir qu'un seul exemple, on lit dans la *Statistique de la France* que dans l'année 1823 il serait mort, dans l'Ardèche, 4840 hommes et 2083 femmes, cette singulière différence dans les décès, qui se rencontre déjà dans le même département pour l'année 1820, doit servir de guide pour remonter à la source de l'erreur. Effectivement, dans les documents originaux il y a d'énormes fautes d'addition que M. Demonferrand a signalées, et que nous avons vérifiées scrupuleusement.

» Pour ne pas abuser des moments de l'Académie, nous ne pousserons pas cet examen plus loin, et nous nous abstiendrons aussi d'examiner les motifs qui portent M. Demonferrand à croire que les documents officiels qu'on a modifiés dans ces derniers temps ne méritent pas une grande confiance. La question est fort grave, et la Commission n'avait aucun moyen pour s'éclairer sur ce point. D'ailleurs, sauf une seule rectification qui semble porter sur les décès dans les hôpitaux militaires, les autres n'offrent pas de très notables différences.

» Peut-être est-il permis d'espérer que les fautes d'additions que nous avons signalées, et qui sont si fréquentes dans les feuilles originales, deviendraient beaucoup plus rares si l'on adoptait dans ces tableaux une meilleure disposition des chiffres; car dans leur état actuel il est presque impossible de ne pas se tromper à chaque instant par l'obligation où l'on se trouve de sauter continuellement plusieurs lignes de chiffres pour rechercher les nombres que l'on veut additionner et qui sont mêlés avec d'autres que l'on doit négliger. C'est probablement à cette circonstance qu'il faut attribuer un fait que le rapporteur a pu vérifier plusieurs fois : c'est-à-dire que les erreurs portent rarement sur les additions totales, et que la somme totale étant exacte, les décès et les naissances sont mal partagés suivant les deux sexes. Cela tient à ce qu'au lieu de faire séparément ces deux additions on fait la somme totale, puis on fait une des additions partielles, et l'on prend la différence pour avoir l'autre. Ce procédé, qui est plus expéditif d'après la disposition actuelle des chiffres, offre cependant beaucoup plus de chances d'erreur.

» En résumé vos Commissaires pensent que l'Académie doit approuver

le Mémoire de M. Demonferrand, et engager l'auteur à continuer avec persévérance ses intéressantes recherches. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE. — M. le docteur **Denis**, de Commercy, adresse une nouvelle Note, concernant la conversion qu'il pense avoir reconnue de la fibrine en albumine. Cette conversion serait opérée par le simple contact prolongé de la fibrine avec de l'eau chargée des sels que l'analyse chimique indique dans le sérum du sang.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la production de la phosphorescence et sur diverses propriétés de l'étincelle électrique; par* M. **Edmond Becquerel.**

(Extrait).

§ I[er]. *Phosphorescence produite par l'étincelle électrique éclatant dans l'air à diverses pressions.*

« On sait depuis long-temps que les substances minérales ou artificielles phosphorescentes brillent dans l'air comme dans le vide barométrique, après avoir été préalablement exposées pendant quelque temps à la lumière du jour; entre autres les pyrophores de Canton et de Bologne, le diamant, etc., etc.

» Pour voir si la lueur émise par ces substances diminue plus rapidement dans le vide que dans l'air, j'ai mis des coquilles d'huîtres calcinées dans deux capsules différentes, et les ayant exposées à la lumière du jour, je les ai placées, l'une sous le récipient d'une machine pneumatique, l'autre à côté de la cloche à l'air libre. En faisant le vide rapidement dans la cloche, je n'ai pas vu la phosphorescence des coquilles diminuer sensiblement; et au bout d'un quart d'heure l'intensité de la lumière émise par les coquilles contenues dans les deux capsules était la même, autant que j'ai pu en juger par une simple comparaison.

» Afin de m'assurer si la lumière électrique agissait de même que la lumière solaire pour rendre les corps phosphorescents dans le vide, une lame de chaux sulfatée (qui laisse passer la propriété phosphorigénique de l'étincelle électrique) a été placée, de manière à la fermer exactement, sur une ouverture pratiquée à la partie supérieure d'une cloche dans laquelle

on raréfia l'air après y avoir placé, à quelques centimètres au-dessous de la lame, une capsule remplie de coquilles calcinées.

» En excitant alors au-dessus de la chaux sulfatée, dans l'air, une étincelle au moyen de la décharge d'une batterie de dix-huit bocaux, les coquilles furent fortement illuminées. En laissant rentrer l'air dans la cloche et excitant une seconde décharge de la batterie chargée au même degré que précédemment, les coquilles ne devinrent pas sensiblement plus brillantes que la première fois.

» Dans les expériences précédentes, l'étincelle électrique avait éclaté dans l'air; je voulus voir ce qui se passait quand elle était produite dans le vide.

» Après avoir placé une capsule remplie de coquilles d'huîtres sous le récipient d'une machine pneumatique, on fit passer à quelques centimètres de leur surface, dans l'air raréfié, la décharge de la batterie. Les coquilles furent illuminées faiblement; plusieurs décharges produisirent le même résultat. En laissant rentrer un peu d'air sous la cloche, et faisant passer de nouveau la décharge, les coquilles devinrent plus phosphorescentes; enfin, en laissant rentrer tout l'air sous la cloche, les coquilles après l'étincelle furent très phosphorescentes. Cette expérience recommencée plusieurs fois avec des coquilles et de la chaux fluatée verte, a donné les mêmes résultats.

» Pour prévenir l'objection que les coquilles devenaient plus phosphorescentes en raison de l'excitabilité produite par une série d'étincelles, je me suis procuré du phosphore de Bologne peu phosphorescent (sulfate de baryte calciné); en le plaçant sous la cloche et excitant à plusieurs centimètres de distance, successivement dans l'air à la pression ordinaire et dans l'air raréfié, des décharges de la batterie chargée toujours à 60° de l'électromètre à balles, ce pyrophore ne devenait phosphorescent d'une manière appréciable que quand l'étincelle éclatait à travers l'air à la pression ordinaire, tandis qu'il restait presque obscur quand la décharge traversait l'air raréfié. »

M. Edmond Becquerel cherche ensuite à déterminer, à l'aide d'un appareil particulier, l'influence que peut avoir sur la lueur phosphorescente des coquilles, la pression de l'air dans lequel éclate l'étincelle.

Il croit pouvoir conclure de ses expériences, que « lorsqu'on décharge une batterie toujours chargée au même degré, l'étincelle qui en résulte, quand cette décharge a lieu dans l'air, à une pression moindre ou plus grande que la pression atmosphérique, est tellement modifiée que sa ra-

diation communique aux différentes substances une phosphorescence moindre ou plus grande que celle qui a lieu à la pression ordinaire. En mettant dans un des ballons de l'acide carbonique à la pression ordinaire, au lieu d'air, l'effet que l'on a obtenu sur les coquilles, après la décharge, était sensiblement le même que dans l'air à la même pression.

§ 2. Sur la phosphorescence par élévation de température.

» On sait que si après avoir exposé des coquilles à la lumière on les porte dans l'obscurité, elles s'éteignent peu de temps après et redeviennent lumineuses par élévation de température; j'ai voulu savoir si un abaissement très grand de température diminuerait la phosphorescence des coquilles; le résultat a confirmé mes prévisions; ayant pris des coquilles phosphorescentes par insolation, une partie fut placée dans une capsule plongée dans un mélange réfrigérant à — 20°, et l'autre dans une capsule à la température ordinaire; on vit alors les coquilles dont on avait abaissé la température perdre leur phosphorescence plus rapidement que les autres.

» Ayant mis des coquilles d'huîtres calcinées dans deux capsules différentes, l'une à la température ordinaire, l'autre dans un mélange réfrigérant, puis exposées pendant peu de temps à la lumière solaire, et reportées dans une chambre obscure, elles donnèrent sensiblement, un quart d'heure après, la même lueur; mais les coquilles étant devenues obscures, si l'on mettait celles qui étaient dans un mélange réfrigérant dans une capsule à la température ordinaire, alors elles redevenaient phosphorescentes pour s'éteindre bientôt : si l'on élevait alors la température, la lueur reparaissait.

» Que l'on prenne une pelle chauffée à 100° ou 200 à peu près, et que l'on projette dessus des coquilles nouvellement calcinées, puis qu'on les expose ainsi à l'action des rayons solaires, et qu'on les rentre immédiatement dans l'obscurité, elles présentent alors une lueur phosphorique de peu de durée, quand la pelle est chauffée à la température rouge; alors les coquilles exposées à la lumière ne sont plus phosphorescentes.

» On voit, par cette alternative de phosphorescence et de non-phosphorescence à diverses températures, que les corps sont excités par la radiation d'une manière différente suivant cette température, et que plus celle-ci est basse, plus les corps sont excitables quand on les porte ensuite à la lumière.

§ 3. *Action des décharges électriques sur les fils d'un très petit diamètre.*

» Nairne a trouvé un fait auquel on n'a peut-être pas assez fait attention. Voici en quoi il consiste : si l'on fait passer une forte décharge électrique à travers un fil très fin de fer ou d'argent, qui soit assez long pour rougir seulement, on trouve, après la décharge, que sa longueur a diminué sans que son poids ait changé. Cet effet indique une contraction dans le fil et une augmentation de diamètre. En répétant cette expérience sur des fils de platine de $0^{mm},072$ de diamètre, j'ai observé aussi une diminution de longueur; mais après plusieurs décharges, cet effet se complique d'un autre dont je parlerai plus loin.

» Au lieu d'étendre le fil entre les deux pinces d'un excitateur universel, j'ai suspendu une des extrémités à une pince, et à l'autre j'ai attaché une petite balle de plomb, d'un poids suffisant pour tendre légèrement le fil; cette balle reposait sur un support en cuivre, à pied mobile, qu'on pouvait élever ou abaisser à volonté; cette disposition n'avait pour but que de prévenir la rupture du fil par sa diminution de longueur, quand il était tendu entre les deux pinces de l'excitateur universel.

» En faisant passer dans un fil de $0^{mm},072$ de diamètre en platine, la décharge de la batterie de 18 bocaux, chargée à 60° de l'électromètre à balles, on a obtenu une diminution moyenne de 0,0112.

» Avec un fil de $0^{mm},093$ de diamètre, on a eu une diminution de 0,0052 de la longueur.

» Si l'on compare les diminutions moyennes pour ces deux fils, on a $\frac{107}{52} = 2,06$.

» Or, le rapport inverse des diamètres est 1,20, dont le cube est 2,19, ou à peu près le rapport $\frac{107}{52}$. On peut donc regarder les diminutions de longueur des fils de platine très fins comme sensiblement proportionnelles aux rapports inverses du cube des rayons ou des diamètres des fils.

» En soumettant à l'expérience un fil d'argent de $0^{m},112$ de diamètre, on a eu, avec les décharges de la batterie, chargée toujours à 60° de l'électromètre à balles, une diminution de $0^{mm},0048$ de la longueur.

» J'ai voulu rechercher si la diminution de la longueur des fils avait lieu dans l'air raréfié, comme dans l'air à la pression ordinaire; avant d'indiquer les résultats de mes expériences, je rappellerai le fait suivant, annoncé par M. Harris (*Transactions philosophiques*, 1834), et dont j'ai vérifié l'exactitude : dans le vide ou dans l'air raréfié, les fils très fins se fondent plus difficilement que dans l'air à la pression ordinaire. On peut

donc employer dans le vide des fils moins longs que dans l'air. J'ai disposé dans le vide pneumatique, un fil de platine de $0^{mm},072$ de diamètre, de manière que sa partie supérieure fût tenue dans une pince, et sa partie inférieure attachée à un petit poids en plomb que l'on pouvait amener à reposer sur un socle en cuivre, en abaissant ou élevant la pince qui était fixée à une tige rodée, passant dans le récipient de la machine pneumatique. J'ai vu, en faisant passer dans le vide fait à une pression de 5^{mm}, la décharge de la batterie de 18 bocaux, à travers des fils de $18^{centim.},3$ et de $34^{centim.},5$ de longueur, que la diminution moyenne était à peu près de 0,013 de la longueur du fil; or, pour un fil de platine de même diamètre, on a trouvé 0,011 pour cette diminution dans l'air à la pression ordinaire; on peut donc conclure de là que la pression de l'air n'influe pas sur la production du phénomène, puisque les nombres obtenus pour les diminutions dans le vide et dans l'air, ne diffèrent entre eux qu'aux millièmes, et que l'on ne peut pas toujours donner à la batterie exactement la même charge. Quand un fil de platine, par exemple, de $0^{mm},072$ de diamètre est soumis à des décharges électriques et qu'il rougit sans fondre, on remarque qu'à la troisième ou quatrième décharge, il ne reste pas droit comme auparavant, mais qu'il devient ondulé. On remarque, en outre, qu'à mesure que les décharges se succèdent, les parties ondulées augmentent de grandeur, sans jamais disparaître pour faire place à d'autres; en diminuant ensuite un peu la longueur du fil et faisant passer une nouvelle décharge, il ne se forme pas non plus de nouvelles ondulations, mais les précédentes augmentent encore, et cela quelle que soit la force de la décharge; si l'on tient le fil tendu, il ne devient pas ondulé. En opérant sur un fil de platine, d'un diamètre plus considérable, je n'ai pu obtenir la production du phénomène. »

CORRESPONDANCE.

M. Silvestre, secrétaire perpétuel de la Société royale d'Agriculture, annonce que cette Société tiendra sa séance publique annuelle, le 7 avril. MM. les membres de l'Académie sont invités à y assister.

M. Becquerel communique, au nom de M. *Grove*, le fait suivant :

« Jusqu'ici on n'a pu encore décomposer l'eau avec deux lames de platine en communication chacune avec l'un des éléments d'un couple voltaïque, fonctionnant avec de l'eau acidulée; M. Grove y est parvenu au moyen

d'un procédé très simple. Il prend deux tubes de verre fermés par une de leurs extrémités; après avoir fait passer dans l'un une lame de platine et de l'hydrogène en quantité suffisante pour occuper la moitié de la capacité, et dans l'autre une lame de platine et de l'oxigène en même quantité, il plonge les deux tubes dans de l'eau légèrement acidulée, et il fait ensuite communiquer la lame en contact avec l'oxigène, avec le zinc du couple voltaïque; et la lame en contact avec l'hydrogène, avec le cuivre. Au moyen de cette disposition la première est négative, la seconde positive. Les choses étant ainsi disposées, on ne tarde pas à voir l'eau s'élever rapidement dans les deux tubes, deux fois plus dans celui où se trouve l'hydrogène que dans l'autre. Il y a donc eu dans cette expérience, sous l'influence des lames de platine, décomposition et formation d'eau, deux actions qui sont, ici, dépendantes l'une de l'autre. On voit par là que la tendance du platine à déterminer la combinaison des gaz qui se trouvent dans les deux tubes, est de beaucoup augmentée lorsque l'état électrique de chaque lame est changé par le passage du courant provenant du couple voltaïque, lequel est dirigé dans le même sens que celui qui résulte de la combinaison lente des deux gaz primitivement employés. Cet accroissement dans l'intensité du courant, suffit pour décomposer l'eau et produire les effets indiqués. »

PALÉONTOLOGIE. — *Lettre de* M. **Lartet** *à M. Flourens, au sujet d'un nouvel envoi fait au Muséum, d'une quantité notable d'ossements fossiles des terrains tertiaires des environs d'Auch.*

Nous extrairons de cette lettre le passage suivant :

« Ne pouvant entrer dans le détail des objets dont se compose l'envoi, je me bornerai à citer, comme acquisitions nouvelles pour la paléontologie, la découverte de deux carnassiers, dont l'un paraîtrait constituer un genre ou sous-genre intermédiaire au blaireau et à la loutre. Le second, plus voisin du chien, diffère quelque peu par ses dimensions et par certaines particularités dentaires de cet autre carnassier gigantesque, que j'ai fait connaître sous le nom d'*Amphicyon*. Ce dernier est, si je ne me trompe, le même animal que celui dont quelques débris, trouvés plus tard à Epelsheim, ont fourni à M. Kaup l'occasion d'établir son genre Agnoterium.

» Au reste, il y a, parmi les mammifères fossiles reconnus sur les bords du Rhin, un bon nombre d'espèces qui me semblent identiques à celles

dont nous exhumons journellement les débris, ici au pied des Pyrénées. Ces relations paléontologiques sont d'autant plus intéressantes à noter, que des contrées intermédiaires, l'Auvergne, par exemple, possédaient, dans les anciens temps, une population animale très différente, à en juger du moins par ce que nous en ont fait connaître les recherches de MM. Jobert. »

ICHTHYOLOGIE. — M. **Vallot** adresse une Note sur la détermination de plusieurs espèces de poissons indiquées par Aristote. Cette Note est renvoyée à l'examen de M. Duméril, qui jugera s'il y a lieu d'en faire l'objet d'un rapport.

M. **Vallery** soumet au jugement de l'Académie, cinq échantillons de bois de teinture, réduit en poudre à l'aide de machines dont il est l'inventeur, et dont on peut ainsi extraire, dit-il, presque toute la matière colorante.

M. *Vallery* annonce, en outre, qu'il a exécuté, sur une grande échelle, un de ses greniers mobiles pour la conservation des grains. Ce grenier, chargé, depuis environ cinq mois, de onze cent cinquante hectolitres de blé, pesant cent cinq mille kilogrammes, est très facilement mis en mouvement avec la force d'un seul homme, en opérant un tour complet en deux heures et demie.

(L'objet de la première partie de cette communication est renvoyé à l'examen d'une Commission composée de MM. Dumas, Poncelet, Robiquet, Pelouze.)

M. **Quenard** rappelle à l'Académie qu'il a déposé, le 1er janvier 1836, un Mémoire dont on n'a pas encore fait le rapport.

MM. les Commissaires sont priés de faire ce rapport le plus tôt possible.

M. **Breton** présente un *nouvel appareil électro-magnétique* qui lui paraît avoir quelques rapports avec celui qui a été présenté dans la dernière séance, par M. le docteur *Neef.*

(Les deux instruments sont renvoyés à l'examen de MM. Becquerel, Savary, Pouillet, Roux.)

L'Académie se forme en comité secret à quatre heures et demie.

La séance est levée à cinq heures. F.

OUVRAGES ENVOYÉS POUR LES CONCOURS.

PRIX DE L'ACADÉMIE.

L'Académie avait proposé les deux questions suivantes, pour le grand prix des sciences physiques, qu'elle doit décerner, s'il y a lieu, dans sa séance publique de 1839 :

1re Question. — *Déterminer par des expériences précises quelle est la succession des changements chimiques, physiques et organiques qui ont lieu dans l'œuf, pendant le développement du fœtus chez les oiseaux et les batraciens.*

2me Question, proposée pour 1837 et remise au concours pour 1839. — *Déterminer par des recherches anatomiques, par des expériences d'acoustique et par des expériences physiologiques, quel est le mécanisme de la production de la voix chez l'homme et chez les animaux mammifères.*

Sur chacune de ces questions, l'Académie reçoit un Mémoire dans cette séance.

PRIX MANNI.

L'Académie reçoit quatre nouveaux Mémoires sur la question des *morts apparentes*.

Les Commissaires nommés au scrutin, pour examiner les ouvrages relatifs à cette question, sont MM. Serres, Magendie, Breschet, Double, Larrey.

PRIX MONTYON.

MÉDECINE ET CHIRURGIE. — L'Académie reçoit, dans cette séance, les trois Mémoires suivants :

1°. Pathologie spéciale des voies aériennes chez l'homme et certains animaux; par MM. *Serrurier* et *Emmanuel Rousseau*.

2°. Mémoire sur de nouvelles râpes ou limes à taille rhomboïdale, pour détruire les cors et durillons aux pieds; par M. *Lenseigne*.

3°. Histoire de l'épidémie qui a régné dans les provinces de Groningue et de Frise, pendant les années 1826 et 1827, et qui a été particulièrement observée dans la ville de Sneeck; par M. le docteur *P.-H. Scott*.

STATISTIQUE. — État politique, civil et religieux des Gaules; connais-

sances que les Gaulois avaient acquises dans les sciences et les arts, etc.; par M. *Lancelot.*

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE ET MÉDAILLE LALANDE. — Entretiens de Pythagore avec ses disciples sur la physique générale; par M. *Marigny.*

ARTS INSALUBRES. — Deuxième supplément, concernant l'invention d'un appareil de sauvetage pour les ouvriers mineurs blessés ou asphyxiés dans leurs travaux souterrains; par M. le docteur *Valat.*

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 12, in-4°.

Statistique de la France, commerce extérieur; 1 vol. in-4°; présenté par M. MOREAU DE JONNÈS.

Traité des Maladies des femmes et de l'Hygiène spéciale de leur sexe; par M. COLOMBAT, de l'Isère; 2 vol. in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

Histoire naturelle des îles Canaries; par MM. WEBB et BERTHELOT; 38e liv., in-fol.

Conchyliologie fossile du bassin de l'Adour; par M. le Dr GRATELOUP; Bordeaux; in-8°.

Tableau synoptique des Coquilles univalves fossiles; par le même; in-8°.

Recueil de la Société Polytechnique; tome 5, 3e série; 1839, in-8°.

Annales françaises et étrangères d'Anatomie et de Physiologie; cahier n° 1, février 1839, in-8°.

Annuaire statistique du département de l'Yonne; année 1839, in-8°.

Mémoire sur les courants de la Manche, de la mer d'Allemagne et du canal de Saint-George; par M. MONNIER; Paris, 1835, in-8°.

Revue Zoologique; par la Société Cuviérienne, n° 3; 1839, in-8°.

La France littéraire; 8e année, fév. 1839, in-8°.

Journal des Sciences physiques, chimiques, Arts agricoles et industriels; fév. 1839, in-8°.

Journal de Chimie médicale; tome 5, avril 1839, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables; 1re année, avril 1839, in-8°.

Recherches sur les Ossements humatiles des cavernes de Lunel-Viel; par MM. MARCEL DE SERRES, DUBRUEIL et JEAN-JEAN; Montpellier, 1839, in-8°.

Epicrisis systematis mycologici seu synopsis hymenomycetum; par M. ELIAS FRIES; Upsaliæ, 1836–1838, in-8°. (Offert par M. *Gaimard.*)

Principles.... *Principes d'Économie politique; par* M. H. C. Carey; tome 2, Philadelphie, 1838, in-8°.

The Credit.... *Du Crédit en France, en Angleterre et aux États-Unis; par* le même; Philadelphie 1838; in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres;* déc. 1838—fév. 1839, n° 36, in-8°.

The Athenæum, journal; n° 134, in-4°.

Studien im.... *Études sur la science de la Médecine; par* M. Heyfelder; 1er vol.; Stuttgardt, 1838, in-8°.

Astronomische... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; n° 374, in-4°.

Verhandlungen.... *Mémoires de la Société suisse des naturalistes de Bâle;* 1838, in-8°.

Bericht uber.... *Rapports sur les Mémoires de la Société des Naturalistes de Bâle,* de 1834 à 1838, 3 parties, in-8°.

Mittel.... *Moyenne des principaux résultats des observations météorologiques faites à Bâle de 1826 à 1836; par* M. Pierre Mérian; in-4°.

Lurobok.... *Éléments de Zoologie; par* M. C.-J. Sundevall; Lund, 1835, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 13.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 37 et 38, in-fol.

Gazette des Médecins praticiens; 1re année, n° 9.

La France industrielle; 5e année, n° 91.

L'Expérience, journal; n° 91.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — MARS 1859.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	THERMOMÈTRE. Maxim.	Minim.	ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
1	762,57	+ 4,6		760,99	+ 9,0		759,30	+ 9,5		757,87	+ 4,8		+10,0	+ 0,3	Vaporeux	S. S. O.
2	757,05	+ 4,2		756,67	+ 9,5		756,14	+10,7		757,25	+ 5,7		+11,1	+ 0,9	Beau	E. S. E.
3	758,80	+ 4,5		758,21	+ 9,0		757,23	+11,1		757,30	+ 4,8		+11,4	+ 0,8	Beau	E. N. E.
4	766,21	+ 3,6		755,66	+ 7,0		754,97	+ 9,0		755,80	+ 4,0		+ 9,4	+ 0,8	Beau	N. N. E.
5	756,57	+ 1,8		755,97	+ 5,4		754,90	+ 7,1		754,82	+ 1,5		+ 7,7	— 0,4	Beau	N.
6	750,57	— 0,3		749,22	+ 2,0		748,12	+ 1,8		747,64	— 1,9		+ 2,8	— 1,6	Couvert	O. S. O.
7	747,13	+ 0,5		747,15	+ 2,4		746,93	+ 2,2		747,45	— 1,2		+ 2,9	— 2,9	Très nuageux	O.
8	751,98	+ 0,8		753,66	+ 2,6		754,33	+ 2,6		755,18	+ 0,4		+ 3,2	— 2,1	Flocons de neige	N. N. E.
9	755,24	+ 3,2		755,26	+ 3,1		755,37	+ 3,5		757,82	+ 1,9		+ 4,4	— 0,9	Couvert	O. N. O.
10	763,05	+ 0,8		763,44	+ 5,3		763,44	+ 5,8		763,31	+ 1,5		+ 6,9	— 2,0	Très nuageux	E. S. E.
11	762,94	+ 2,2		761,41	+ 6,2		760,08	+ 7,7		760,31	+ 3,4		+ 7,8	— 1,7	Halo solaire	S. E.
12	759,78	+ 3,7		759,58	+ 8,4		758,85	+10,9		759,48	+ 5,9		+11,1	— 0,8	Vaporeux	S. O.
13	760,17	+ 4,2		759,79	+10,0		759,02	+13,5		759,27	+ 9,0		+13,9	— 0,7	Vaporeux	S. O.
14	759,58	+10,3		759,71	+11,8		759,11	+11,6		760,01	+ 9,3		+12,2	+ 4,9	Très vaporeux	S.
15	758,14	+ 9,5		756,71	+10,8		753,79	+10,0		747,86	+11,0		+10,9	+ 7,4	Pluie par moments	O. N. O.
16	742,16	+ 8,7		742,45	+ 8,8		741,64	+10,0		741,89	+ 7,3		+11,0	+ 6,4	Couvert	S.
17	742,46	+ 7,7		742,58	+ 9,7		742,53	+10,0		745,30	+ 6,7		+11,5	+ 6,0	Couvert	N. N. E. fort.
18	749,40	+ 4,8		750,34	+ 5,6		750,80	+ 5,2		753,45	+ 4,4		+ 5,6	+ 3,0	Couvert	N. N. O.
19	757,01	+ 2,9		757,76	+ 3,6		757,93	+ 4,6		759,85	+ 2,2		+ 4,6	+ 0,9	Couvert	S. O.
20	759,97	+ 4,2		759,15	+ 9,1		757,68	+ 7,7		756,05	+ 4,5		+ 9,7	+ 0,5	Couvert	S. O.
21	752,07	+ 5,0		751,76	+ 7,5		750,83	+ 9,7		751,95	+ 8,0		+10,0	+ 1,6	Couvert	O. N. O.
22	751,65	+ 8,6		752,54	+10,0		752,73	+10,6		754,82	+ 6,5		+11,0	+ 5,4	Couvert	E. S. E.
23	755,91	+ 9,1		755,00	+12,6		754,23	+13,0		753,95	+11,0		+13,0	+ 3,9	Couvert	S. O.
24	753,44	+12,2		752,86	+13,8		752,06	+13,6		751,90	+ 9,0		+14,3	+ 7,0	Très nuageux	S. O.
25	751,75	+ 9,4		751,90	+12,9		751,12	+10,6		752,11	+ 8,0		+13,2	+ 5,3	Nuageux	O.
26	750,78	+ 6,7		751,39	+ 7,1		753,10	+ 8,4		756,27	+ 5,6		+ 9,0	+ 3,4	Couvert	E. N. E.
27	755,02	+ 9,4		753,19	+13,7		751,38	+13,4		748,10	+11,2		+13,7	+ 1,5	Beau	S. S. O. fort.
28	747,04	+12,0		746,22	+ 9,5		744,96	+ 9,0		745,18	+ 8,1		+11,9	+ 7,0	Couvert	O. S. O. viol.
29	742,26	+ 9,8		742,07	+ 9,7		741,92	+11,0		745,53	+ 7,3		+11,4	+ 5,9	Couvert	O.
30	751,01	+ 3,4		751,48	+ 5,0		751,31	+ 7,2		751,48	+ 5,9		+ 7,9	+ 2,2	Couvert	E.
31	748,45	+ 8,0		747,10	+12,4		745,96	+13,8		745,10	+10,5		+13,9	+ 5,0	Couvert	S. E.
1	755,92	+ 2,4		755,62	+ 5,5		755,07	+ 6,3		755,44	+ 2,1		+ 7,0	— 0,7	Moyenne du 1er au 10	Pluie en centim.
2	755,16	+ 5,8		754,95	+ 9,4		754,14	+ 9,1		754,35	+ 6,4		+ 9,8	+ 2,6	Moyenne du 11 au 20	Cour. 3,061
3	750,85	+ 8,5		750,50	+10,4		749,97	+10,9		750,38	+ 8,3		+11,8	+ 4,4	Moyenne du 21 au 31	Terr.. 2,864
	753,88	+ 5,7		753,60	+ 8,5		752,96	+ 8,9		753,37	+ 5,7		+ 9,6	+ 2,2	Moyennes du mois.	+ 5,9

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AVRIL 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; par* M. **Augustin Cauchy**.

« Afin de rendre plus évidente l'utilité des méthodes exposées dans les précédents Mémoires, nous allons appliquer ces méthodes aux équations qui expriment les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; et, pour que l'on puisse plus facilement saisir la suite des raisonnements, nous commencerons par reproduire en peu de mots les équations dont il s'agit et celles de leurs intégrales particulières qui se présentent sous les formes les plus simples.

§ Ier. *Équations d'équilibre et de mouvement d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle.*

» Considérons un système de molécules distribuées dans une portion de l'espace et sollicitées au mouvement par des forces d'attraction ou de

répulsion mutuelle. Soient $\mathfrak{m}$ la masse d'une de ces molécules, $m, m', m'',\ldots$ celles des autres, et supposons que, dans un état d'équilibre du système,

x, y, z, représentent les coordonnées de la molécule $\mathfrak{m}$ rapportées à trois axes rectangulaires,

$x+\Delta x, y+\Delta y, z+\Delta z$ les coordonnées d'une autre molécule m,

r la distance des molécules $\mathfrak{m}$ et m,

α, β, γ les angles formés par le rayon vecteur r avec les demi-axes des coordonnées positives.

On aura

$$\cos\alpha = \frac{\Delta x}{r}, \quad \cos\beta = \frac{\Delta y}{r}, \quad \cos\gamma = \frac{\Delta z}{r}, \tag{1}$$

$$r^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2. \tag{2}$$

Supposons d'ailleurs que l'attraction ou la répulsion mutuelle des deux masses $\mathfrak{m}$, m, étant proportionnelle à ces masses et à une fonction de la distance r, soit représentée, au signe près, par

$$\mathfrak{m} m \, \mathrm{f}(r),$$

$\mathrm{f}(r)$ désignant une quantité positive, lorsque les masses $\mathfrak{m}$, m s'attirent, et négative, lorsqu'elles se repoussent. Les équations d'équilibre de la molécule $\mathfrak{m}$ seront

$$S[m\cos\alpha\,\mathrm{f}(r)] = 0, \quad S[m\cos\beta\,\mathrm{f}(r)] = 0, \quad S[m\cos\gamma\,\mathrm{f}(r)] = 0, \tag{3}$$

la lettre S indiquant une somme de termes semblables entre eux, et relatifs aux diverses molécules $m, m',\ldots$.

» Concevons maintenant que les molécules $\mathfrak{m}$, m, $m',\ldots$, viennent à se mouvoir. Soient alors, au bout du temps t,

$$\xi, \eta, \zeta,$$

les déplacements de la molécule $\mathfrak{m}$, mesurés parallèlement aux axes coordonnés, et

$$r(1+\varepsilon)$$

la distance des deux molécules

$$\mathfrak{m}, m.$$

On aura

$$r^2(1+\varepsilon)^2 = (\Delta x + \Delta\xi)^2 + (\Delta y + \Delta\eta)^2 + (\Delta z + \Delta\zeta)^2,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(4)\qquad r^2(1+\varepsilon)^2 = (r\cos\alpha + \Delta\xi)^2 + r(\cos\beta + \Delta\eta)^2 + (r\cos\gamma + \Delta\zeta)^2,$$

les accroissements des quantités

$$\Delta x,\ \Delta y,\ \Delta z,$$

étant respectivement

$$\Delta\xi,\ \Delta\eta,\ \Delta\zeta.$$

Par suite, si l'on suppose les déplacements

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

exprimés en fonction des coordonnées initiales et du temps t, les équations du mouvement de la molécule $\mathfrak{m}$ seront

$$(5)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2\xi}{dt^2} = \mathrm{S}\left\{m\left(\cos\alpha + \dfrac{\Delta\xi}{r}\right)\dfrac{f[r(1+\varepsilon)]}{1+\varepsilon}\right\}, \\ \dfrac{d^2\eta}{dt^2} = \mathrm{S}\left\{m\left(\cos\beta + \dfrac{\Delta\eta}{r}\right)\dfrac{f[r(1+\varepsilon)]}{1+\varepsilon}\right\}, \\ \dfrac{d^2\zeta}{dt^2} = \mathrm{S}\left\{m\left(\cos\gamma + \dfrac{\Delta\zeta}{r}\right)\dfrac{f[r(1+\varepsilon)]}{1+\varepsilon}\right\}. \end{cases}$$

§ II. *Équations des mouvements infiniment petits d'un système de molécules.*

» Considérons, dans un système de molécules donné, un mouvement vibratoire, en vertu duquel chaque molécule s'écarte très peu de sa position initiale. Si l'on cherche les lois du mouvement, celles du moins qui subsistent, quelque petite que soit l'étendue des vibrations moléculaires, alors, en regardant les déplacements

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et leurs différences

$$\Delta\xi,\ \Delta\eta,\ \Delta\zeta,$$

comme des quantités infiniment petites du premier ordre, on pourra négliger les carrés et les puissances supérieures de ces différences et de ε, dans les développements des expressions que renferment les formules (4), (5) du premier paragraphe; et l'on pourra encore supposer indifféremment que des quatre variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

les trois premières représentent ou les coordonnées initiales de la molécule, ou ses coordonnées courantes, qui, en vertu de l'hypothèse admise,

différeront très peu des premières. Cela posé, si l'on fait pour abréger,

(1) $$f(r) = r\mathrm{f}'(r) - \mathrm{f}(r),$$

on verra les formules (4) et (5) du premier paragraphe se réduire à celles que renferme la page 5 du Mémoire sur la dispersion de la lumière, c'est-à-dire à

(2) $$\varepsilon = \frac{1}{r}(\cos\alpha\Delta\xi + \cos6\Delta\eta + \cos\gamma\Delta\zeta),$$

(3) $$\left\{\begin{aligned} \frac{d^2\xi}{dt^2} &= \mathrm{S}\left[m\frac{\mathrm{f}(r)}{r}\Delta\xi\right] + \mathrm{S}[m\varepsilon f(r)\cos\alpha], \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} &= \mathrm{S}\left[m\frac{\mathrm{f}(r)}{r}\Delta\eta\right] + \mathrm{S}[m\varepsilon f(r)\cos6], \\ \frac{d^2\zeta}{dt^2} &= \mathrm{S}\left[m\frac{\mathrm{f}(r)}{r}\Delta\zeta\right] + \mathrm{S}[m\varepsilon f(r)\cos\gamma]. \end{aligned}\right.$$

Les trois dernières formules seront donc les équations des mouvements infiniment petits d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle. Pour que ces mêmes équations soient transformées en équations aux différences partielles entre les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et les variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

il suffira d'y substituer pour ε sa valeur donnée par la formule (2), et de développer ensuite, à l'aide du théorème de Taylor, les différences finies

$$\Delta\xi,\ \Delta\eta,\ \Delta\zeta,$$

suivant les puissances ascendantes des quantités

$$\Delta x = r\cos\alpha,\quad \Delta y = r\cos6,\quad \Delta z = r\cos\gamma.$$

Les coefficients des dérivées des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

dans les équations aux différences partielles qu'on aura ainsi obtenues, seront des sommes de l'une des formes

(4) $$\mathrm{S}[mr^{n+n'+n''-1}\cos^n\alpha\cos^{n'}6\cos^{n''}\gamma\ \mathrm{f}(r)],$$

(5) $$\mathrm{S}[mr^{n+n'+n''-3}\cos^n\alpha\cos^{n'}6\cos^{n''}\gamma\ f(r)],$$

n, n', n'', désignant des nombres entiers; et l'on pourra regarder la constitution du système comme étant partout la même, si les sommes dont

il s'agit se réduisent à des quantités constantes. C'est ce qui aura lieu, par exemple, quand les molécules données seront celles du fluide éthéré, pris isolément et placé dans le vide. Si les sommes (4) et (5) reprennent périodiquement les mêmes valeurs, quand on y fait croître ou décroître chacune des coordonnées en progression arithmétique, et si, d'ailleurs, les rapports des trois progressions géométriques, correspondantes aux trois coordonnées, sont très petits, alors, en vertu d'un théorème que nous avons établi, on pourra substituer à ces mêmes sommes leurs valeurs moyennes, sans qu'il en résulte d'erreur sensible dans le calcul des vibrations du système et des déplacements moléculaires. Les nouvelles équations que l'on obtiendra de cette manière, paraissent spécialement applicables au mouvement du fluide lumineux renfermé dans un corps homogène, isophane ou non isophane, opaque ou transparent.

§ III. *Mouvements simples.*

» Lorsque la constitution du système de molécules est partout la même, ou, en d'autres termes, lorsque les sommes (4), (5), du paragraphe précédent demeurent constantes, un moyen fort simple de satisfaire aux équations des mouvements infiniment petits est de supposer les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

toutes proportionnelles à une même exponentielle népérienne, dont l'exposant soit une fonction linéaire des variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

et de prendre en conséquence

$$(1)\qquad \xi = \mathrm{A}e^{ux+vy+wz-st},\quad \eta = \mathrm{B}e^{ux+vy+wz-st},\quad \zeta = \mathrm{C}e^{ux+vy+wz-st},$$

u, v, w, s, A, B, C désignent des constantes réelles ou imaginaires convenablement choisies. En effet, si l'on substitue les valeurs précédentes de ξ, η, ζ dans les équations (3) du second paragraphe, tous les termes seront divisibles par l'exponentielle

$$e^{ux+vy+wz-st},$$

et, après la division effectuée, ces équations seront réduites à trois autres de la forme

$$(2)\qquad \begin{cases} (\mathcal{L} - s^2)\mathrm{A} + \mathfrak{R}\mathrm{B} + \mathfrak{Q}\mathrm{C} = 0, \\ \mathfrak{R}\mathrm{A} + (\mathfrak{M} - s^2)\mathrm{B} + \mathfrak{P}\mathrm{C} = 0, \\ \mathfrak{Q}\mathrm{A} + \mathfrak{P}\mathrm{B} + (\mathfrak{N} - s^2)\mathrm{C} = 0, \end{cases}$$

les valeurs de

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{R},$$

étant déterminées par les formules

$$(3)\quad \mathfrak{L} = \mathrm{S}\left[m\,\frac{\mathrm{f}(r)+f(r)\cos^2\alpha}{r}\left(e^{r(u\cos\alpha+v\cos6+w\cos\gamma)}-1\right)\right],\ \mathfrak{M}=..,\ \mathfrak{N}=..,$$

$$(4)\quad \mathfrak{P} = \mathrm{S}\left[m\,\frac{f(r)\cos6\cos\gamma}{r}\left(e^{r(u\cos\alpha+v\cos6+w\cos\gamma)}-1\right)\right],\ \mathfrak{Q}=..,\ \mathfrak{R}=...$$

Or, lorsque les sommes (4), (5) du second paragraphe demeurent constantes, on peut en dire autant des valeurs de

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{R},$$

que fournissent les équations (3), (4), et qui sont développables avec l'exponentielle

$$e^{r(u\cos\alpha+v\cos6+w\cos\gamma)},$$

en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes de u, v, w. Donc alors on peut satisfaire aux équations (2) par des valeurs constantes des facteurs

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C}.$$

» Il est bon d'observer que si l'on pose, pour abréger,

$$(5)\qquad k^2 = u^2+v^2+w^2,$$

$$(6)\qquad k\cos\delta = u\cos\alpha+v\cos6+w\cos\gamma,$$

$$(7)\qquad \mathcal{G} = \mathrm{S}\left[m\,\frac{\mathrm{f}(r)}{r}\left(e^{kr\cos\delta}-1\right)\right],$$

$$(8)\qquad \mathfrak{H} = \mathrm{S}\left[m\,\frac{f(r)}{r^3}\left(e^{kr\cos\delta}-1-kr\cos\delta-\frac{k^2r^2\cos^2\delta}{2}\right)\right],$$

les valeurs de $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$, $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{R}$ pourront s'écrire comme il suit :

$$(9)\qquad \mathfrak{L}=\mathcal{G}+\frac{d^2\mathfrak{H}}{du^2},\quad \mathfrak{M}=\mathcal{G}+\frac{d^2\mathfrak{H}}{dv^2},\quad \mathfrak{N}=\mathcal{G}+\frac{d^2\mathfrak{H}}{dw^2},$$

$$(10)\qquad \mathfrak{P}=\frac{d^2\mathfrak{H}}{dv\,dw},\qquad \mathfrak{Q}=\frac{d^2\mathfrak{H}}{dw\,du},\qquad \mathfrak{R}=\frac{d^2\mathfrak{H}}{du\,dv}.$$

» Parmi les formules (2), les deux dernières donnent

$$(11)\qquad \frac{\mathrm{A}}{(\mathfrak{M}-s^2)(\mathfrak{N}-s^2)-\mathfrak{P}^2}=\frac{\mathrm{B}}{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}-\mathfrak{R}(\mathfrak{N}-s^2)}=\frac{\mathrm{C}}{\mathfrak{R}\mathfrak{P}-\mathfrak{Q}(\mathfrak{M}-s^2)},$$

et par suite on tire de la première

$$(12)\qquad \mathrm{F}(u,v,w,s)=0,$$

en posant pour abréger

(13) $$F(u, v, w, s) =$$
$$(\mathcal{L}-s^2)(\mathcal{M}-s^2)(\mathcal{N}-s^2)-\mathcal{P}^2(\mathcal{L}-s^2)-\mathcal{Q}^2(\mathcal{M}-s^2)-\mathcal{R}^2(\mathcal{N}-s^2)+2\mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R}.$$

On arriverait encore à des résultats équivalents, en écrivant les équations (2) comme il suit :

(14) $$\left\{\begin{aligned}\left(s^2-\mathcal{L}+\frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)\mathrm{A} &= \mathcal{Q}\mathcal{R}\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathcal{P}}+\frac{\mathrm{B}}{\mathcal{Q}}+\frac{\mathrm{C}}{\mathcal{R}}\right),\\ \left(s^2-\mathcal{M}+\frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)\mathrm{B} &= \mathcal{R}\mathcal{P}\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathcal{P}}+\frac{\mathrm{B}}{\mathcal{Q}}+\frac{\mathrm{C}}{\mathcal{R}}\right),\\ \left(s^2-\mathcal{N}+\frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)\mathrm{C} &= \mathcal{P}\mathcal{Q}\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathcal{P}}+\frac{\mathrm{B}}{\mathcal{Q}}+\frac{\mathrm{C}}{\mathcal{R}}\right),\end{aligned}\right.$$

et l'on tirerait des formules (14),

(15) $$\frac{\mathrm{A}}{\left(\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{s^2-\mathcal{L}+\frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}}\right)}=\frac{\mathrm{B}}{\left(\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{s^2-\mathcal{M}+\frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}}\right)}=\frac{\mathrm{C}}{\left(\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{s^2-\mathcal{N}+\frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}}\right)}=\frac{\mathrm{A}}{\mathcal{P}}+\frac{\mathrm{B}}{\mathcal{Q}}+\frac{\mathrm{C}}{\mathcal{R}},$$

(16) $$\frac{\left(\frac{1}{\mathcal{P}}\right)^2}{s^2-\mathcal{L}+\frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}}+\frac{\left(\frac{1}{\mathcal{Q}}\right)^2}{s^2-\mathcal{M}+\frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}}+\frac{\left(\frac{1}{\mathcal{R}}\right)^2}{s^2-\mathcal{N}+\frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}}=\frac{1}{\mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R}}.$$

Or il est facile de s'assurer qu'effectivement la formule (15) s'accorde avec la formule (11), et l'équation (16) avec l'équation (12).

» En résumé, pour que les valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta,$$

données par les formules (1) satisfassent aux équations des mouvements infiniment petits du système que l'on considère, il suffira généralement 1° que les coefficients

$$u, v, w, s,$$

des variables indépendantes, dans l'exponentielle à laquelle ξ, η, ζ sont proportionnels, vérifient la formule (12) ou (16); 2° que les facteurs

$$\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C},$$

soient entre eux dans les rapports que détermine la formule (11) ou (15).

» D'ailleurs les coefficients

$$u, v, w, s,$$

et les facteurs

$$\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C},$$

pourront être réels ou imaginaires. Dans le premier cas, les valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta,$$

données par les formules (1) seront réelles, et pourront être censées représenter le déplacement d'une molécule m dans un mouvement infiniment petit compatible avec la constitution du système donné. Dans le second cas, les valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta,$$

deviendront imaginaires. Mais comme leurs parties réelles vérifieront encore les équations des mouvements infiniment petits, réduites à la forme d'équations aux différences partielles, ce seront évidemment ces parties réelles qui pourront être censées représenter les déplacements des molécules dans un mouvement compatible avec les conditions du système. Dans l'un et l'autre cas, le mouvement infiniment petit, qui correspondra aux valeurs de ξ, η, ζ fournies par les équations (1), sera un *mouvement simple*, dans lequel ces valeurs représenteront ou les déplacements effectifs d'une molécule, mesurés parallèlement aux axes coordonnés, ou ses *déplacements symboliques*, c'est-à-dire, des variables imaginaires dont les déplacements effectifs seront les parties réelles. Les équations (1) elles-mêmes seront les *équations finies*, et dans le second cas les équations finies *symboliques* du mouvement simple dont il s'agit.

» Comme, dans toute équation imaginaire dont le second membre est nul, la partie réelle du premier membre doit se réduire séparément à zéro, il est clair que toute équation linéaire à coefficients réels, qui offrira seulement des termes proportionnels aux déplacements symboliques ξ, η, ζ, ou à leurs dérivées de divers ordres, continuera de subsister, quand on y remplacera les déplacements symboliques par leurs parties réelles, c'est-à-dire par les déplacements effectifs. D'ailleurs on tirera généralement des équations (1)

$$\frac{\xi}{A} = \frac{\eta}{B} = \frac{\zeta}{C}, \tag{17}$$

ou, ce qui revient au même,

$$\eta = \frac{B}{A}\xi, \quad \zeta = \frac{C}{A}\xi. \tag{18}$$

Donc, si les rapports

$$\frac{B}{A}, \quad \frac{C}{A}$$

sont réels, on pourra supposer à volonté que, dans les formules (17) et

(18), ξ, η, ζ représentent, ou les déplacements symboliques, ou les déplacements effectifs; et en conséquence la ligne décrite par chaque molécule sera une ligne droite parallèle à celle qui, passant par l'origine des coordonnées, est représentée par l'équation

$$(19)\qquad \frac{x}{A} = \frac{y}{B} = \frac{z}{C}.$$

Si au contraire les rapports

$$\frac{B}{A},\quad \frac{C}{A},$$

sont imaginaires, il sera facile de trouver trois constantes réelles

$$f,\quad g,\quad h,$$

propres à vérifier la formule

$$(20)\qquad fA + gB + hC = 0.$$

Car, si, pour fixer les idées, on pose

$$(21)\qquad A = ae^{\lambda\sqrt{-1}},\quad B = be^{\mu\sqrt{-1}},\quad C = ce^{\nu\sqrt{-1}},$$

a, b, c désignant les *modules* des facteurs A, B, C et λ, μ, ν leurs *arguments*, il suffira d'assujétir les constantes réelles f, g, h à vérifier les deux formules

$$(22)\qquad \begin{cases} fae^{\lambda\sqrt{-1}} + gbe^{\mu\sqrt{-1}} + hce^{\nu\sqrt{-1}} = 0, \\ fae^{-\lambda\sqrt{-1}} + gbe^{-\mu\sqrt{-1}} + hce^{-\nu\sqrt{-1}} = 0, \end{cases}$$

desquelles on tirera

$$(23)\qquad \frac{fa}{\sin(\mu - \nu)} = \frac{gb}{\sin(\nu - \lambda)} = \frac{hc}{\sin(\lambda - \mu)},$$

en sorte qu'on pourra prendre

$$(24)\qquad f = \frac{\sin(\mu - \nu)}{a},\quad g = \frac{\sin(\nu - \lambda)}{b},\quad h = \frac{\sin(\lambda - \mu)}{c}.$$

En adoptant les valeurs précédentes de f, g, h, on tirera des équations (1) et (20), la suivante

$$(25)\qquad f\xi + g\eta + h\zeta = 0,$$

à laquelle devront satisfaire les déplacements effectifs aussi bien que les déplacements symboliques. Donc lorsque, dans un mouvement simple, la ligne décrite par une molécule ne sera pas une droite parallèle à celle que représente la formule (19), elle sera du moins une courbe plane,

dont le plan sera parallèle au *plan invariable* que représente l'équation

$$(26) \qquad fx + gy + hz = 0.$$

» En vertu des formules (1), chacun des déplacements symboliques, et par suite chacun des déplacements effectifs, conserve la même valeur quand on fait varier les coordonnées x, y, z, de manière que le trinome

$$ux + vy + wz$$

demeure constant, par exemple, de manière à vérifier la formule

$$(27) \qquad ux + vy + wz = 0.$$

Dans le cas général où les coefficients u, v, w sont imaginaires, l'équation (27) se décompose en deux équations réelles. Si, pour fixer les idées, on suppose

$$(28) \quad u = \mathrm{U} + \mathrm{u}\sqrt{-1}, \quad v = \mathrm{V} + \mathrm{v}\sqrt{-1}, \quad w = \mathrm{W} + \mathrm{w}\sqrt{-1},$$

u, v, w, U, V, W désignant des quantités réelles, l'équation (27) donnera

$$(29) \qquad \mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z = 0,$$

$$(30) \qquad \mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z = 0.$$

Les équations (29) et (30) sont celles d'un *second* et d'un *troisième plan invariable*, passant par l'origine des coordonnées. Ces deux plans se couperont suivant une droite; et, dans le mouvement simple représenté par les équations (1), toutes les molécules situées sur une parallèle à cette droite se trouveront, au même instant, déplacées de la même manière.

» Soient maintenant

$$(31) \qquad \mathrm{u}^2 + \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2 = \mathrm{k}^2, \quad \mathrm{U}^2 + \mathrm{V}^2 + \mathrm{W}^2 = \mathrm{K}^2,$$

et

$$(32) \qquad \mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z = \mathrm{k}\iota, \quad \mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z = \mathrm{K}\mathfrak{K}.$$

ι, $\mathfrak{K}$ désignant les distances du point (x, y, z) au second et au troisième plan invariable. Si d'ailleurs on pose

$$(33) \qquad s = \mathrm{S} + \mathrm{s}\sqrt{-1},$$

les valeurs des déplacements symboliques ξ, η, ζ données par les formules (1) deviendront

$$(34)\quad \begin{cases} \xi = ae^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}e^{(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \lambda)\sqrt{-1}}, \\ \eta = be^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}e^{(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \mu)\sqrt{-1}}, \\ \zeta = ce^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}e^{(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \nu)\sqrt{-1}}. \end{cases}$$

Donc, si l'on représente par

$$\xi,\quad \eta,\quad \zeta,$$

non plus les déplacements symboliques, mais leurs parties réelles ou les déplacements effectifs, on aura

$$(35)\quad \begin{cases} \xi = ae^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \lambda), \\ \eta = be^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \mu), \\ \zeta = ce^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \nu). \end{cases}$$

Dans ces dernières équations, l'exponentielle népérienne

$$e^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}$$

est ce que nous appelons le *module* du mouvement simple; l'arc

$$\mathrm{k}\mathfrak{r} - st$$

en est l'*argument*. Les trois facteurs positifs

$$ae^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t},\quad be^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t},\quad ce^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t},$$

sont les demi-*amplitudes* des déplacements mesurés parallèlement aux axes coordonnés; les trois arcs

$$\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \lambda,\quad \mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \mu,\quad \mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \nu,$$

sont les *phases* du mouvement projeté sur ces mêmes axes, et

$$\lambda,\quad \mu,\quad \nu,$$

les *paramètres angulaires* qu'il faut ajouter au module pour obtenir les phases. Si d'ailleurs on nomme ς le déplacement d'une molécule, mesuré parallèlement à un axe fixe quelconque, et pris avec le signe $+$ ou le signe $-$, suivant que la molécule se déplace dans un sens ou dans un autre, on tirera des formules (35),

$$(36)\quad \varsigma = \varkappa e^{\mathrm{K}\mathfrak{r} - \mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\mathfrak{r} - st + \varpi),$$

pourvu que l'on désigne par

$$\varkappa\cos\varpi,\quad \varkappa\sin\varpi,$$

les projections algébriques sur cet axe de deux longueurs qui offriraient

elles-mêmes pour projections algébriques sur les axes coordonnés, la première, les trois produits

$$a \cos \lambda, \quad b \cos \mu, \quad c \cos \nu,$$

et la seconde les trois produits

$$a \sin \lambda, \quad b \sin \mu, \quad c \sin \nu.$$

Cela posé, le produit

$$x e^{K\mathfrak{r} - St}$$

représentera la demi-*amplitude* des vibrations mesurées parallèlement à l'axe fixe que l'on considère, tandis que l'arc

$$k\mathfrak{r} - st + \varpi$$

représentera la *phase* du mouvement simple projeté sur cet axe, et

$$\varpi$$

le *paramètre angulaire* relatif à ce même axe.

» La valeur du déplacement ς, déterminée par la formule (36), s'évanouit lorsqu'on a

$$(37) \qquad \cos(k\mathfrak{r} - st + \varpi) = 0;$$

par conséquent elle s'évanouit, lorsque t demeure constant, pour des valeurs équidistantes de $\mathfrak{r}$, qui forment une progression arithmétique dont la raison est

$$\frac{\pi}{k},$$

et, lorsque $\mathfrak{r}$ demeure constant, pour des valeurs équidistantes de t, qui forment une progression arithmétique dont la raison est

$$\frac{\pi}{s}.$$

D'ailleurs, le cosinus de la phase

$$k\mathfrak{r} - st + \varpi$$

reprendra la même valeur numérique avec le même signe, ou avec un signe contraire, suivant que l'on fera varier la distance $\mathfrak{r}$ d'un multiple pair ou impair de $\frac{\pi}{k}$, ou bien encore le temps t d'un multiple pair ou impair de $\frac{\pi}{s}$. Cela posé, si l'on prend

$$(38) \qquad l = \frac{2\pi}{k}, \qquad\qquad (39) \qquad T = \frac{2\pi}{s},$$

on conclura de la formule (36) ou (37) que, dans un mouvement simple, le déplacement d'une molécule, mesuré parallèlement à un axe fixe, s'évanouit, 1° à un instant donné, pour toutes les molécules situées dans des plans parallèles les uns aux autres, et au second plan invariable, qui divisent le système en tranches dont l'épaisseur est $\frac{1}{2} l$; 2° pour une molécule donnée, à des instants séparés les uns des autres par des intervalles égaux à $\frac{1}{2} T$. Ces tranches et ces intervalles seront de *première espèce*, ou de *seconde espèce*, suivant qu'ils répondront à des valeurs positives ou négatives de $\cos(\mathrm{k}\upsilon - st + \varpi)$ et du déplacement ς. Enfin deux tranches consécutives composeront une *onde plane* dont l'épaisseur l sera ce qu'on nomme la *longueur d'une ondulation*; et deux intervalles de temps consécutifs, pendant lesquels l'extrémité de l'arc $\mathrm{k}\upsilon - st + \varpi$ parcourra la circonférence entière, composeront la *durée* T d'*une vibration moléculaire*. Quant aux plans qui termineront les différentes tranches et ondes, ils répondront évidemment, pour une valeur donnée du temps t, aux diverses valeurs de υ qui vérifieront la formule (37).

» Si l'on fait croître, dans la formule (37), t de Δt et υ de $\Delta\upsilon$, cette formule continuera d'être vérifiée, pourvu que l'on suppose

$$(40) \qquad \mathrm{K}\Delta\upsilon - \mathrm{s}\Delta t = 0,$$

par conséquent

$$(41) \qquad \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} = \Omega,$$

la valeur de Ω étant

$$(42) \qquad \Omega = \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{K}}.$$

Il suit de cette observation que, le temps venant à croître, les ondes planes, comme les plans qui les terminent, se déplaceront, dans le système de molécules donné, avec une vitesse de propagation dont la valeur Ω sera celle que fournit la formule (42).

» Considérons maintenant en particulier le module du mouvement simple, ou l'exponentielle

$$e^{\mathrm{K}\mathfrak{R} - \mathrm{S}t},$$

qui entre comme facteur dans l'amplitude relative à chaque axe. On ne pourra supposer que le logarithme népérien de ce module, c'est-à-dire l'exposant

$$\mathrm{K}\mathfrak{R} - \mathrm{S}t$$

croît indéfiniment avec le temps, puisqu'il s'agit de mouvements infiniment petits; et par conséquent le coefficient S dans cet exposant devra être ou nul, ou positif. Dans le premier cas, l'amplitude des vibrations de chaque molécule demeurera constante, et le mouvement simple sera *durable* ou *persistant*. Dans le second cas, au contraire, cette amplitude décroîtra indéfiniment, et, pour des valeurs croissantes de t, le mouvement *s'éteindra* de plus en plus.

» Quant au coefficient K, par lequel se trouve multipliée, dans le logarithme népérien du module, la distance $\mathcal{R}$ d'une molécule au troisième plan invariable, il pourra lui-même se réduire à zéro, et, s'il n'est pas nul, on pourra le supposer négatif, pourvu que l'on choisisse convenablement le sens suivant lequel se compteront les valeurs positives de $\mathcal{R}$. Alors, pour des valeurs positives et croissantes de $\mathcal{R}$, on verra encore le module du mouvement simple décroître indéfiniment; ce qui montre que, pour un instant donné, le mouvement deviendra de plus en plus insensible, à mesure que l'on s'éloignera davantage, dans un certain sens, du troisième plan invariable.

» Dans le cas particulier où l'on aurait à la fois

$$(43) \qquad \mathrm{K} = 0, \qquad \mathrm{S} = 0,$$

les formules (35), (36) se réduiraient à

$$(44) \quad \xi = \mathrm{a}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \lambda), \quad \eta = \mathrm{b}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \mu), \quad \zeta = \mathrm{c}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \nu),$$

$$(45) \qquad \varsigma = \varkappa \cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \varpi).$$

Alors toutes les molécules décriraient évidemment des courbes pareilles les unes aux autres.

» Des deux dernières des formules (35) on tire

$$(46) \quad \begin{cases} \dfrac{\eta}{\mathrm{b}}\cos\nu - \dfrac{\zeta}{\mathrm{c}}\cos\mu = e^{\mathrm{K}\mathcal{R} - \mathrm{S}t}\sin(\nu - \mu)\sin(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t), \\ \dfrac{\eta}{\mathrm{b}}\sin\nu - \dfrac{\zeta}{\mathrm{c}}\sin\mu = e^{\mathrm{K}\mathcal{R} - \mathrm{S}t}\sin(\nu - \mu)\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t), \end{cases}$$

et

$$(47) \qquad \eta\frac{d\zeta}{dt} - \zeta\frac{d\eta}{dt} = \mathrm{bc}\,e^{2\mathrm{K}\mathcal{R} - 2\mathrm{S}t}\sin(\nu - \mu).$$

Si l'on combine par voie d'addition les formules (46), après avoir élevé au carré chacun de leurs membres, on trouvera

$$(48) \quad \left(\frac{\eta}{\mathrm{b}}\right)^2 - 2\,\frac{\eta}{\mathrm{b}}\,\frac{\zeta}{\mathrm{c}}\cos(\nu - \mu) + \left(\frac{\zeta}{\mathrm{c}}\right)^2 = e^{2\mathrm{K}\mathcal{R} - 2\mathrm{S}t}\sin^2(\nu - \mu),$$

et l'on conclura de cette dernière équation, jointe à la formule (25), que, dans un mouvement simple, la courbe décrite par chaque molécule est généralement une ellipse, les trois projections de cette ellipse sur les trois plans coordonnés étant représentées par trois formules semblables à l'équation (48). Quant à l'équation (47), elle a pour premier membre le double de la dérivée qu'on obtient, en différentiant par rapport au temps l'aire décrite, sur le plan des y, z, par la projection du rayon vecteur mené du point (x, y, z) à la molécule $\mathfrak{m}$. Donc cette aire, et celle que décrit le rayon vecteur même, supposées nulles à l'instant où l'on compte $t = 0$, croîtront avec le temps t proportionnellement à l'intégrale

$$(49) \qquad \int_0^t e^{-2St} dt = \frac{1 - e^{-2St}}{2S},$$

qui se réduit simplement à t, dans le cas particulier où l'on a

$$S = 0.$$

La valeur générale de l'aire décrite par le rayon vecteur, ayant pour carré la somme des carrés des projections orthogonales de cette aire, sera évidemment

$$(50) \quad \frac{1}{4S} e^{2K\mathfrak{R}} \left(1 - e^{-2St}\right) \sqrt{\left[b^2c^2 \sin^2(\nu-\mu) + c^2a^2 \sin^2(\lambda-\nu) + a^2b^2 \sin^2(\mu-\lambda)\right]}.$$

Ajoutons que, dans le cas où les conditions (43) sont remplies, l'équation (48) se réduit à la formule connue

$$(51) \qquad \left(\frac{\eta}{b}\right)^2 - 2\frac{\eta}{b}\frac{\zeta}{c}\cos(\nu-\mu) + \left(\frac{\zeta}{c}\right)^2 = \sin^2(\nu-\mu).$$

(Voir le Traité de Herschel, sur la Lumière, tome Ier, page 392.)

§ 4. *Sur le passage des formules particulières qui concernent un mouvement simple aux équations générales des mouvements infiniment petits d'un système de molécules.*

» Lorsqu'en développant par le théorème de Taylor les différences

$$\Delta\xi, \quad \Delta\eta, \quad \Delta\zeta,$$

on aura transformé en équations aux différences partielles les équations (3) du § 2, qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de molécules, on en déduira sans peine les formules (2) du § 3, c'est-à-dire les relations qui existent, dans un mouvement simple représenté par les formules (1) du même paragraphe, entre les constantes

$$u, v, w, s, A, B, C.$$

Pour y parvenir, il suffira de remplacer, dans les équations aux différences

partielles dont il s'agit, les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et leurs dérivées partielles des divers ordres par les facteurs

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

et par les produits qu'on obtient, quand on multiplie ces facteurs par des puissances de u, de v, de w, de $-s$, dont les degrés soient respectivement égaux au nombre des différentiations effectuées par rapport à x, par rapport à y, par rapport à z, par rapport à t : donc, si, en adoptant une notation dont nous nous sommes servis plus d'une fois, on emploie, dans les équations aux différences partielles, les caractéristiques

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_x^2,\ \mathrm{D}_x^3,\ldots\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_y^2,\ \mathrm{D}_y^3,\ldots\ \mathrm{D}_z,\ \mathrm{D}_z^2,\ \mathrm{D}_z^3,\ldots\ \mathrm{D}_t,\ \mathrm{D}_t^2,\ldots$$

pour indiquer les dérivées des divers ordres d'une fonction de x, y, z, t différentiée une ou plusieurs fois de suite par rapport à x, à y, à z ou à t, il suffira de remplacer ces caractéristiques par les puissances

$$u,\ u^2,\ u^3,\ldots\ v,\ v^2,\ v^3,\ldots\ w,\ w^2,\ w^3,\ldots\ -s,\ s^2,\ldots$$

et de remplacer en même temps les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

par les facteurs

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C}.$$

» Réciproquement, pour revenir des formules (2) du § 3, aux équations générales des mouvements infiniment petits du système de molécules que l'on considère, il suffira de remplacer, dans ces formules, les facteurs

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

par les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et les puissances

$$u,\ u^2,\ u^3,\ldots\ v,\ v^2,\ v^3,\ldots\ w,\ w^2,\ w^3,\ldots\ -s,\ s^2\ldots$$

par les caractéristiques

$$\mathrm{D}_x^2,\ \mathrm{D}_x^3,\ \mathrm{D}_x^2,\ldots\ \mathrm{D}_y^2,\ \mathrm{D}_y^3,\ \mathrm{D}_y^2,\ldots\ \mathrm{D}_z^2,\ \mathrm{D}_z^3,\ \mathrm{D}_z^2,\ldots\ \mathrm{D}_t^3\ \mathrm{D}_t^2,\ldots$$

que l'on devra supposer appliquées aux variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta.$$

Il y a plus : comme, en supposant la forme de la fonction $\mathrm{F}(u, v, w, s)$, déterminée par l'équation (13) du § 2, il suffira d'éliminer deux des

trois facteurs A, B, C entre les formules (2) du même paragraphe, pour obtenir les suivantes :

$$(1)\quad F(u,v,w,s)\,A=0,\quad F(u,v,w,s)\,B=0,\quad F(u,v,w,s)\,C=0;$$

les équations que l'on tirera de ces dernières, en opérant comme on vient de le dire, subsisteront encore dans le cas où les sommes (4), (5) du § 2, offriraient des valeurs constantes; et ces équations, qui pourront s'écrire comme il suit

$$(2)\quad F(D_x,D_y,D_z,D_t)\,\xi=0,\quad F(D_x,D_y,D_z,D_t)\,\eta=0,\quad F(D_x,D_y,D_z,D_t)\,\zeta=0,$$

attendu que l'on a $F(u,v,w,s)=F(u,v,w,-s)$, seront celles que l'on obtiendrait alors, en éliminant deux des trois variables principales entre les formules (3) du § 2.

» *Nota.* — Lorsque après avoir développé, dans les formules du troisième paragraphe, les quantités

$$\mathcal{L},\ \mathcal{M},\ \mathcal{N},\ \mathcal{P},\ \mathcal{Q},\ \mathcal{R},$$

suivant les puissances ascendantes de u, v, w, on néglige dans les développements obtenus les termes d'un degré supérieur au second, on peut de ces mêmes formules, à l'aide de la méthode exposée dans un précédent Mémoire, déduire aisément les équations de condition relatives à la surface de séparation de deux systèmes de molécules. Si l'on suppose que ces deux systèmes soient deux portions du fluide éthéré que renferment deux corps différents, les équations de condition dont nous venons de parler, fourniront les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière, exprimées par quatre formules qui montreront comment l'anomalie et l'azimut varient, quand on passe du rayon incident au rayon réfléchi ou réfracté. Enfin, si le corps que termine la surface réfléchissante est transparent, trois des quatre formules coïncideront avec trois formules de Fresnel, et la quatrième se réduira elle-même à la quatrième formule de Fresnel, si le corps transparent est du nombre de ceux qui polarisent complétement la lumière. Alors une certaine constante comprise dans les formules aura pour valeur l'unité.

» Les mêmes principes, appliqués aux corps opaques, fournissent des résultats très différents de ceux qui sont relatifs aux corps transparents. Ainsi, en particulier, tandis que la lumière réfléchie sous l'incidence perpendiculaire est généralement très faible, pour un corps transparent, elle devient souvent considérable pour un corps opaque. Si l'on néglige les

termes relatifs à la dispersion, si d'ailleurs l'on réduit à unité la constante qui a effectivement cette valeur, dans un corps transparent et qui polarise complétement la lumière, les formules que l'on obtiendra pour les corps opaques seront précisément celles que j'ai présentées à l'Académie dans la séance du 4 février dernier. Suivant ces formules, la lumière réfléchie sous l'incidence perpendiculaire par certains métaux pourrait égaler ou même surpasser la moitié de la lumière incidente. Elle en serait plus de la moitié pour l'acier parfaitement poli, et plus des huit dixièmes pour l'argent. Elle varierait ensuite assez lentement à partir de l'incidence perpendiculaire; et, sur l'argent, la variation de la lumière réfléchie ne serait pas d'un centième, quand on passerait de l'incidence perpendiculaire à l'incidence principale, mesurée par un angle de 73 degrés. Au reste, je reviendrai dans un autre article sur les formules dont il s'agit. Les physiciens seront curieux sans doute d'en comparer les résultats avec les expériences annoncées par M. Arago. »

RAPPORTS.

HISTOIRE NATURELLE.—*Rapport sur un Mémoire de* M. P. Gervais, *intitulé :* Observations pour servir à l'histoire des Polypes d'eau douce.

(Commissaires, MM. de Blainville, Milne Edwards rapporteur.)

« La classe nombreuse des Polypes appartient presque tout entière à la mer et n'est représentée dans les eaux douces que par quelques espèces peu variées. Cependant nos connaissances relatives à la nature de ces êtres singuliers doivent leurs progrès à l'étude des Polypes d'eau douce tout autant qu'à celle des Polypes marins, et ce sont les recherches dont les premiers ont été l'objet qui ont jeté d'abord quelque lumière sur le point le plus intéressant de l'histoire physiologique de ces zoophytes : leur mode de reproduction.

» Leuwenhoeck paraît avoir été le premier à signaler aux zoologistes l'existence des Polypes d'eau douce et à décrire la manière dont ces animaux naissent sous la forme de bourgeons; mais ce furent les expériences de Trembley qui fixèrent à juste titre l'attention de tous les naturalistes sur ces êtres microscopiques, car ces expériences firent voir que ces Polypes, en apparence si frêles, peuvent résister aux mutilations les plus grandes ; que leur corps peut être haché en morceaux sans rien

perdre de sa vie, et, chose plus merveilleuse encore, que chaque fragment, ainsi séparé, grandit et se façonne bientôt en un animal parfait, semblable en tout à celui dont il provient.

» En poursuivant ses recherches si intéressantes sur le Polype d'eau douce le plus commun, celui désigné par les zoologistes systématiques sous le nom de *Hydre*, Trembley en découvrit une autre espèce dont la structure est loin d'avoir la même simplicité, dont les tentacules ressemblent à des panaches élégants et dont la cavité digestive, au lieu de se terminer en cul-de-sac et de n'avoir qu'un seul orifice servant à la fois de bouche et d'âme, affecte une forme tubulaire et communique au dehors par ses deux extrémités. Roesel, à qui l'entomologie est redevable de tant de bons travaux, s'occupa aussi de l'étude de ces zoophytes et en découvrit deux espèces nouvelles. Enfin, Schœffer, Muller, Vaucher, Bosc, le vénérable doyen des zoologistes de nos jours, M. Blumenbach et plus récemment encore M. Ehrenberg sont venus tour à tour enrichir la science de leurs observations sur les Polypes d'eau douce et ont porté à huit le nombre des formes différentes que nous offrent ces animaux.

» Guidés par les recherches des observateurs dont nous venons de parler, les zoologistes systématiques ont réparti les Polypes d'eau douce en plusieurs genres particuliers désignés sous les noms de *Hydre*, de *Cristatelle*, de *Plumatelle*, d'*Alcyonelle*, etc.; mais en procédant à ce travail ils ont pour la plupart négligé l'étude de la nature elle-même et se sont contentés des connaissances acquises par l'inspection des figures plus ou moins grossières et par la lecture des descriptions souvent vagues et incomplètes que leur avaient léguées leurs devanciers. Il en est résulté que ces essais de distribution méthodique sont restés long-temps très incomplets et qu'il règne encore aujourd'hui dans cette partie de l'histoire des zoophytes, une grande confusion. Dans ces dernières années, cette confusion a été augmentée encore par les écrits de M. Raspail, qui a cru pouvoir établir que la plupart des formes génériques admises parmi les Polypes d'eau douce ne sont que des états transitoires ou des variations accidentelles d'une seule et même espèce de zoophytes. Un des naturalistes les plus distingués de la Belgique, M. Dumortier, a donné, il est vrai, de nouvelles observations sur quelques-uns de ces animaux, et l'Académie doit avoir conservé le souvenir des communications intéressantes qui lui ont été faites il y a deux ans sur le même sujet par notre savant confrère M. Turpin; mais une révision générale et sévère de l'histoire de tous ces animaux était encore nécessaire et c'est pour répondre à ce besoin de la

science, que M. Gervais a entrepris le travail dont l'examen nous a été confié par l'Académie.

» Lorsqu'on a cherché à baser la classification des Polypes sur l'anatomie, tentative qui ne remonte qu'à 1828, on a dû nécessairement établir parmi ces animaux une division particulière pour les espèces pourvues d'un anus aussi bien que d'une bouche, et ce groupe, qui a pour type les Flustres et les Eschares, et qui a été depuis lors désigné tour à tour par les zoologistes systématiques, sous les noms de *Bryozoaires*, de *Polypes tuniciens* et de *Ciliobrachiens*, comprend tous les Polypes d'eau douce, à l'exception des Hydres, ou Polypes à bras de Trembley. M. Gervais ne s'occupe que des premiers et ne les envisage que sous le rapport zoologique, se réservant d'étudier plus tard leur structure intérieure.

» Pour atteindre le but qu'il s'était proposé, ce jeune naturaliste a dû nécessairement s'attacher, d'une part, à recueillir dans les écrits de ses devanciers les faits divers qui se lient à l'histoire de ces Polypes, et, d'une autre part, à étudier par lui-même ces animaux à l'état vivant. Nous ne pourrions, sans abuser de l'attention de l'Académie, suivre M. Gervais dans la partie historique de son Mémoire, ni dans la discussion des synonymies, si nécessaires cependant à bien établir, et nous nous bornerons à l'examen des résultats qui lui appartiennent en propre.

» Ces résultats sont de deux ordres; les uns se rattachent à l'histoire proprement dite des Polypes dont il s'occupe, les autres à la classification de ces zoophytes.

» Parmi les premiers, nous citerons d'abord les faits relatifs à la reproduction des Cristatelles, faits déjà en partie connus de l'Académie, par une lettre de M. Gervais, en date du 26 décembre 1836.

» Ce jeune naturaliste trouva dans le canal de l'Ourque des corpuscules lenticulaires bizarrement armés de crochets, et les ayant conservés dans de l'eau, il en vit sortir des petits Polypes, offrant tous les caractères des Cristatelles découverts par Roesel. M. Turpin, à qui M. Gervais avait donné quelques-uns de ces œufs, a été témoin du même phénomène, et en a fait le sujet d'un Mémoire lu à l'Académie le 9 janvier 1837. Enfin, dans un travail communiqué à la Société philomatique le 4 mars de la même année, M. Gervais est entré dans de nouveaux détails sur la conformation de ces œufs, et depuis lors il a eu l'occasion d'en observer à plusieurs reprises, et d'en poursuivre l'étude d'une manière plus régulière. Il a constaté ainsi que dans le principe ces œufs sont dépourvus, tant du bourrelet marginal que des crochets dont ils sont pourvus par la

suite, mais que leur forme est toujours circulaire, et que, par conséquent, ils diffèrent essentiellement des corpuscules que M. Turpin avait vus sortir du corps des Cristatelles soumises à son investigation, et que ce savant avait été conduit à considérer comme de jeunes œufs. Suivant M. Gervais, le bourrelet marginal se forme le premier, et c'est au point de jonction de ce bourrelet avec le corps de l'œuf que naissent les crochets, lesquels représentent deux couronnes, mais sont de longueur très inégale, ceux de l'une des faces de l'œuf ne dépassant pas le bourrelet, tandis que ceux de la face opposée se prolongent beaucoup au-delà. C'est à l'aide de ces épines, semblables à des hameçons à deux ou à plusieurs branches, que les œufs s'accrochent entre eux ou se suspendent aux plantes aquatiques, autour desquelles on les trouve. Enfin, au moment de l'éclosion, le corps de l'œuf s'ouvre en deux valves qui adhèrent encore l'une à l'autre par une petite portion du bourrelet, et il en sort un jeune Cristatelle dont l'aspect rappelle tout-à-fait celui du *Leucophra heteroclita* de Muller.

» D'après ces détails, on voit que les œufs des Cristatelles ressemblent beaucoup, tant par leur forme que par leur mode d'éclosion, à ceux des Plumatelles et même des Alcyonelles, mais cependant ils en diffèrent à certains égards : ainsi les œufs des Plumatelles sont armés de crochets, comme ceux des Cristatelles, mais sont ovalaires au lieu d'être circulaires, et ceux des Alcyonelles, également ovalaires, manquent complétement de cette singulière armature. Or, la connaissance de ces faits permet de résoudre une question importante soulevée par M. Raspail, et de réfuter complétement les opinions de ce naturaliste, suivant lequel les Cristatelles, les Plumatelles et les Alcyonelles ne seraient, comme nous l'avons déjà dit, que des formes différentes d'une seule et même espèce de Polype, modifié par l'âge ou par les conditions d'existence.

» Du reste, quoique les Cristatelles ne puissent devenir ni des Plumatelles, ni des Alcyonelles, il ne faut pas croire que ces Polypes composés conservent toujours leur aspect primitif. Dans le jeune âge, ils sont en général réunis au nombre de trois par une tunique commune, et le petit corps *en forme de ballon* ainsi constitué est libre et n'adhère pas aux corps étrangers comme la plupart des Polypiers; mais, par suite de leur développement, ces espèces de colonies deviennent sédentaires et acquièrent une forme générale tout autre. En effet, M. Gervais a trouvé dans l'étang de Plessy-Piquet, adhérente aux tiges des plantes aquatiques, une masse cylindrique assez longue et de la grosseur d'une plume de cygne, qui ressemblait beaucoup à l'espèce de cordon désignée par les passementiers

sous le nom de *chenille*, et qui était composée d'une agrégation de Polypes à panaches. Si M. Gervais se fût hâté de le placer dans de l'alcool pour en enrichir quelque muséum, les zoologistes classificateurs auraient bien certainement considéré ce corps comme devant constituer une espèce, ou même un genre nouveau; mais il eut le bon esprit de procéder autrement et de conserver ses Polypes à l'état vivant aussi long-temps que possible, afin de les mieux connaître, et, en les observant de la sorte, il les a vus pondre des œufs semblables à ceux des Cristatelles ordinaires, puis il a vu sortir de ces œufs, de véritables Cristatelles libres et à tunique en forme de ballon, contenant, comme d'ordinaire, trois individus agrégés. Ainsi, ces mêmes Polypes dont l'agrégation est peu nombreuse, libre et mobile dans le jeune âge, se multiplient sans se séparer, au point de former de longs cordons, et se fixent alors aux corps étrangers, comme le font les Plumatelles, les Alcyonelles et la plupart des Polypes marins.

» Les observations de M. Gervais l'ont conduit naturellement à s'occuper de la classification des Polypes d'eau douce. Ceux dont il traite appartiennent tous, comme nous l'avons déjà dit, à la grande division des *Tuniciens* ou *Bryozoaires*, mais ils diffèrent entre eux par la conformation de leur appareil tentaculaire; et, prenant ces différences pour base de leur distribution méthodique, il les divise en deux groupes, sous les noms de *Polypes hippocrépiens* et de *Polypes infundibuliformes*. La première de ces divisions est caractérisée par l'insertion des tentacules sur un double appendice en forme de fer à cheval de chaque côté de la bouche, et elle correspond à une division précédemment établie par M. de Blainville, sous le nom de *Polypiaires douteux;* elle se compose exclusivement de Polypes d'eau douce, et se subdivise en trois genres : les *Cristatelles* de Cuvier, les *Plumatelles* de Lamarck et les *Alcyonelles* de Bruguières. La division des *Polypes infundibuliformes* de M. Gervais comprend les Bryozoaires, dont les tentacules insérés sur le même niveau tout autour de la bouche, constituent une couronne régulière et affectent en se déployant la forme d'un entonnoir; tous les Polypes tuniciens marins y prennent place, et ceux-ci sont représentés dans les eaux douces par deux espèces confondues jusqu'ici avec les Alcyonelles ou avec les Plumatelles. L'un de ces Polypes infundibuliformes, est le *Tubularia sultana* de M. Blumenbach, petit zoophyte qui n'avait été que très imparfaitement décrit par ce savant, et qui ne paraît avoir été observé par aucun autre zoologiste. M. Gervais l'a trouvé en assez grande abondance dans le canal Saint-

Martin, et en donne une description détaillée, accompagnée de bonnes figures. Il fait voir que c'est à tort que Cuvier l'avait réuni aux Plumatelles, et il propose d'en former un genre nouveau, qu'il appelle *Fredericella*, en l'honneur du frère du célèbre naturaliste, dont le nom vient d'être cité. L'autre Polype dont il nous reste à parler est l'*Alcyonella articulata* de M. Ehrenberg. M. Gervais l'a trouvé au Plessy-Piquet, et il a fait voir qu'il s'éloigne en même temps des vrais Alcyonelles par la conformation de son appareil tentaculaire et des Frédéricelles par la structure de sa gaîne tégumentaire dont la disposition est très analogue à celle des Crisies et des Eucratées. Pour que la classification de ces zoophytes soit réellement l'expression des modifications de leur organisation, il fallait par conséquent distinguer génériquement ce Polype de tous les autres, et c'est effectivement ce que notre auteur a fait, en établissant pour le recevoir un genre nouveau, sous le nom de *Paludicella*.

» La saison n'a pas permis à vos Commissaires de vérifier tous les faits annoncés par M. Gervais, mais, d'après l'analyse que nous venons de présenter, on a pu voir que le Mémoire de ce jeune naturaliste contient des observations intéressantes pour l'Actinologie. Ses recherches prouvent aussi que, sans s'éloigner des environs de Paris, les zoologistes pourraient trouver tous les matériaux nécessaires pour compléter l'histoire de plusieurs Polypes d'eau douce, encore très imparfaitement connus. Ce serait surtout sous le rapport anatomique et physiologique que ces animaux seraient intéressants à étudier d'une manière approfondie; et en donnant à M. Gervais les encouragements qu'il mérite pour ce premier travail, nous proposerons à l'Académie de l'engager à poursuivre, sous ce double point de vue, les recherches qu'il a si bien commencées. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

CHIRURGIE. — *Rapport sur un appareil nouveau destiné au brisement des calculs urinaires; par* M. LEROY D'ÉTIOLLES.

(Commissaires, MM. Breschet, Larrey rapporteur.)

« Nous avons été chargés, M. Breschet et moi, de prendre connaissance des effets de cet appareil présenté à l'Académie au commencement de l'année 1838.

» Pour asseoir un jugement certain sur le mérite de cet appareil, vos Commissaires ont désiré assister aux essais que son inventeur devait en

faire sur le vivant; votre rapporteur surtout a été témoin de plusieurs opérations de lithotritie que ce chirurgien a pratiquées avec cet appareil chez des sujets déjà avancés en âge. La dextérité et la promptitude avec lesquelles de très gros calculs ont été brisés en notre présence et sans que ces sujets aient paru éprouver de grandes douleurs, nous ont causé la plus agréable surprise.

» Une action combinée de pression et de percussion que produit cet appareil lorsqu'on le met en jeu dans la vessie, sans efforts sensibles et sans points d'appui à l'extérieur, établit un vrai perfectionnement dans l'art de la lithotritie, de manière à pouvoir appliquer cette nouvelle méthode dans beaucoup plus de cas qu'on ne pouvait l'espérer il y a très peu d'années. C'est donc à ce nouveau procédé ingénieux de M. Leroy, que l'humanité sera redevable d'une augmentation de bienfaits que cette invention va lui procurer: aussi nous n'hésitons pas de proposer à l'Académie d'accorder au Mémoire de M. Leroy son approbation. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède au scrutin pour la nomination d'un correspondant de la section de Zoologie.

42 membres prennent part au vote.

M. Agassiz réunit.......................... 21 suffrages,
M. Charles Bonaparte, prince de Mussignano.. 20

Il y avait un billet blanc. Ce billet étant défalqué du nombre des votants, suivant les usages de l'Académie, M. Agassiz se trouve avoir réuni la majorité absolue, et est proclamé correspondant.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE. — « M. **Dumas** présente à l'Académie quelques résultats relatifs à la communication récente de M. *Berzélius*.

» Sans entrer, pour le moment, au fond de la question qui sera discutée dans quelques mémoires que M. Dumas se propose de soumettre à

l'Académie très prochainement, il lui a paru nécessaire de s'expliquer sur les faits annoncés par M. Berzélius dans sa dernière lettre.

» L'illustre chimiste suédois pense que l'acide citrique doit conserver la formule qu'il lui a assignée jadis. Si le citrate de soude chauffé, si le citrate d'argent n'ont pas une composition qui puisse se concilier avec cette formule, M. Berzélius l'explique par la formation d'un nouvel acide aux dépens des éléments de l'acide citrique.

» M. Dumas a pensé que parmi beaucoup de moyens propres à lever toute difficulté à ce sujet, l'analyse de l'éther citrique présentait l'un des plus convenables.

» Or, dans trois analyses de l'éther citrique, M. Dumas a trouvé 52,3 de carbone et 7,2 d'hydrogène, ce qui prouve de la manière la plus décisive que la formule de l'éther citrique est représentée par $C^{24}H^{10}O^{11}$, $3C^8H^{10}O$. Il paraît difficile de croire que l'acide renfermé dans l'éther citrique ne soit plus de l'acide citrique, car l'éther ne possède aucune des propriétés altérantes que l'oxide d'argent ou la soude peuvent offrir.

» Relativement à l'acide tartrique, qui perd dans l'émétique anhydre quatre équivalents d'eau, et qui, dans cette circonstance, ne serait plus de l'acide tartrique, ou du moins ne pourrait plus régénérer de l'acide tartrique d'une manière exacte, M. Dumas s'est assuré avec M. Piria que l'émétique de plomb $C^{16}H^8O^{10}$, PbO, Sb^2O^3 qui, desséché, devient $C^{16}H^4O^8$, PbO, Sb^2O^3, donne, quand on le décompose par l'hydrogène sulfuré sous l'alcool anhydre, de l'acide tartrique ordinaire et cristallisé.

» Relativement au sucre et à l'amidon, qui, d'après les expériences de M. Berzélius, changeraient de nature dans le saccharate ou l'amylate de plomb desséchés, au degré employé par MM. Péligot et Payen, M. Dumas dépose sur le bureau deux Mémoires dans lesquels la question est traitée par ces deux chimistes de la manière la plus approfondie. M. Péligot a extrait du sucre parfaitement cristallisé du saccharate de plomb desséché à 170°. Bien mieux, il s'est assuré qu'à 100 ou 106°, le saccharate offre déjà la composition qu'il lui a assignée, et il a extrait de ce dernier produit du sucre également cristallisé. M. Dumas met sous les yeux de l'Académie ces deux échantillons de sucre cristallisé.

» M. Payen, de son côté, s'est assuré de nouveau que ses analyses de l'amylate de plomb sont exactes; que ce sel offre la composition qu'il lui attribue non-seulement à 170°, mais déjà même à 130°; et qu'en tout cas, repris par un acide, il fournit une dissolution d'amidon que l'iode colore en bleu, comme à l'ordinaire.

» Afin que ces diverses assertions soient discutées et constatées d'une manière authentique, M. Dumas demande, au nom des auteurs, que ces deux Mémoires soient renvoyés à l'examen d'une Commission. »

(Cette Commission sera composée de la section de Chimie et de M. Biot.)

« M. **Biot** fait remarquer, qu'additionnellement aux caractères tirés de la cristallisation pour le sucre, et du bleuissement par l'iode pour l'amidon, que M. Dumas vient de rapporter, il y a un moyen simple et direct de reconnaître si le sucre de cannes et l'amidon sortis de leur combinaison avec l'oxide de plomb se retrouvent réellement et rigoureusement dans leur état moléculaire primitif. Ce moyen consiste à dissoudre le sucre régénéré dans l'eau, et à rendre l'amidon pareillement soluble dans ce liquide, par une légère addition d'acide, puis à voir si l'un et l'autre présentent encore le même pouvoir rotatoire moléculaire, qu'ils avaient avant d'être combinés. Car, si le groupe moléculaire qui constitue chacun des deux corps n'a pas changé, ce pouvoir doit se retrouver le même, quel que soit le mode de désagrégation que l'un et l'autre aient pu éprouver en se combinant avec l'oxide. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la composition du saccharate de plomb; par* M. **Eugène Péligot.**

« M. Berzélius a fait connaître, il y a vingt-quatre ans, un composé de sucre de cannes et d'oxide de plomb, de l'analyse duquel il a déduit le poids atomique du sucre et la composition élémentaire de ce corps à l'état anhydre : la formule $C^{24}H^{20}O^{10}$, 2PbO représente, d'après lui, la composition de ce saccharate de plomb.

» Dans le Mémoire que j'ai publié en 1838 sur la nature chimique des sucres, j'ai cherché à établir que cette formule ne s'accorde pas avec l'analyse de ce sel, quand il a été convenablement desséché : en répétant un grand nombre de fois la détermination de ses éléments constituants, j'ai constamment tiré du sel de M. Berzélius au moins 59,0 pour cent d'oxide de plomb, tandis que la formule qui précède suppose qu'il contient seulement 57,7 de cette base. Je me suis cru dès lors autorisé à proposer pour le saccharate de plomb une nouvelle formule, et pour le sucre combiné un nouveau poids atomique : ce n'est d'ailleurs qu'après beaucoup d'hésitations et des essais très multipliés pour obtenir des résultats conformes à ceux de M. Berzélius, que j'ai substitué la formule $C^{24}H^{18}O^{9}$, 2PbO

à celle qui offrait pour garantie d'exactitude le nom de l'illustre chimiste suédois.

» Dans une lettre lue récemment à l'Académie des Sciences, M. Berzélius, tout en admettant l'exactitude de mes analyses, qu'il a répétées, conteste les conséquences que j'en ai déduites, touchant la composition du sucre anhydre, ou combiné avec les bases. Il dit qu'ayant décomposé par un acide le saccharate de plomb, chauffé tout au plus à 169°, la solution incolore a fourni un sirop qui, au bout d'un laps de temps très long, n'a donné aucune trace de sucre cristallisé. M. Berzélius conclut de cette expérience, que le saccharate de plomb que j'ai analysé avait été desséché à une température trop élevée, et ne contenait plus de sucre : ce corps s'était, selon lui, transformé en caramel, lequel présente en effet à l'état libre la même composition que le sucre dans le sel de plomb que j'ai étudié. Il ajoute que la composition du sucre de cannes est toujours $C^{12}H^{10} + 5O$, c'est-à-dire un composé d'hydrogène carboné et d'oxigène.

» L'analyse du saccharate de plomb étant le point de départ de mes déductions théoriques sur la constitution chimique des sucres, on comprendra l'empressement que j'ai dû mettre à constater de mon côté les résultats annoncés par M. Berzélius, et, par suite, les erreurs que j'aurais commises dans l'étude des propriétés de ce sel; j'ai dû penser qu'un résultat négatif tel que la non-cristallisation d'un sirop, alors même qu'il vient de M. Berzélius, ne suffit pas pour faire admettre l'existence du caramel, qui est de couleur noire intense, dans un sel blanc fait avec du sucre, et offrant toujours, comme les sels les mieux définis et les moins altérés, les mêmes rapports dans ces divers éléments.

» J'ai voulu connaître d'abord dans quelles circonstances précises de température il faut opérer la dessiccation du saccharate de plomb pour qu'il présente la composition trouvée autrefois par M. Berzélius. Une certaine quantité de ce composé, préparé avec les plus grands soins par les méthodes connues, et offrant la texture cristalline, a été desséchée à 106° centigrades dans un bain d'eau salée. Au bout de quelques heures, le sel, ne perdant plus d'eau par une dessiccation plus prolongée, a été soumis à l'analyse ; j'ai trouvé qu'il contenait :

Oxide de plomb	59, 1
Carbone	19, 0
Hydrogène	2, 6
Oxigène	19, 3
	100,00

Comme ces nombres s'accordent le mieux possible avec la nouvelle formule que j'ai proposée, et que repousse M. Berzélius, j'ai dû chercher si le sel analysé contenait encore du sucre cristallisable. En le décomposant par l'acide chlorhydrique liquide, après l'avoir mis en suspension dans l'alcool, j'ai obtenu une solution incolore qui par l'évaporation dans le vide a fourni au bout de quelques jours une cristallisation complète de sucre candi.

» J'ai pensé dès lors qu'en opérant à 100° seulement, comme l'a fait M. Berzélius, j'arriverais à retrouver les nombres qu'il a admis et qu'il admet encore; j'ai donc desséché, dans un bain d'eau pure bouillante et dans un courant d'air sec et dépouillé d'acide carbonique, du saccharate de plomb provenant d'une autre préparation. Quand le sel a cessé de perdre de son poids, j'en ai fait l'analyse qui m'a donné :

Oxide de plomb	59, 0	
Carbone	19, 0	19,1
Hydrogène	2, 7	2,6

c'est-à-dire toujours les mêmes nombres.

» Ainsi, à 100°, ou plutôt au-dessous de 100°, car l'air froid qui passe incessamment sur ce sel doit abaisser sa température de quelques degrés, le saccharate de plomb perd la totalité de son eau et la même quantité qu'à 106, 130, 170 degrés centigrades; car j'ai constaté qu'en soumettant ce même sel à ces températures successives, la perte d'eau ne devient pas plus considérable. Rien n'a été plus facile d'ailleurs que d'extraire du sucre cristallisé du saccharate de plomb desséché à 100°.

» J'ai donc pris, lors de mon premier travail, une peine inutile en desséchant à 170° le saccharate de plomb soumis à l'analyse : cependant, comme j'ai toujours analysé des sels blancs et comme je reste convaincu que la moindre altération par la chaleur sur les corps de la nature du sucre, se manifeste par une coloration plus ou moins intense, j'ai été au-devant des reproches qui me sont adressés par M. Berzélius, en desséchant de nouveau à 170° une certaine quantité de saccharate de plomb dans le but d'y rechercher le sucre. Le sel, trop long-temps soumis à la dessiccation, était d'un blanc quelque peu jaunâtre; dans d'autres temps, j'aurai renoncé à son analyse à cause de cette très légère coloration. Voici néanmoins les nombres que j'ai obtenus :

Oxide de plomb......	59,3
Carbone.............	19,0
Hydrogène...........	2,5
Oxigène.............	19,2
	100,0

» Mais de ce sel ainsi desséché peut-on retirer du sucre? M. Berzélius le nie si formellement que j'espérais peu y parvenir. Cependant je l'ai décomposé par l'acide chlorhydrique, et la solution alcoolique obtenue, ayant été évaporée dans le vide, a donné, *dès le lendemain*, une abondante cristallisation de sucre que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie.

» La question me paraît donc résolue quant à la composition du sucre anhydre dans le saccharate de plomb, puisque ce sel, comme la plupart des composés formés par l'oxide de plomb, perd à 100 degrés la totalité de son eau, tout en présentant une stabilité assez grande pour subir, sans éprouver d'altération sensible, une température plus élevée. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mémoire en réponse aux observations de* M. Berzélius; *par* M. PAYEN.

« M. Berzélius, attachant une haute importance à la détermination rigoureuse de la composition élémentaire de l'amidon, uni avec l'oxide de plomb, s'est livré à de nouvelles analyses dont les résultats sont dernièrement parvenus à l'Académie.

» Il se servit avec succès de mon procédé pour la préparation de l'amylate bibasique. Mais l'examen de ce composé lui parut établir, d'une part, que l'amidon y engagé ne peut perdre plus d'eau qu'à l'état libre, et d'un autre côté, qu'en chauffant l'amylate à 179°, on transforme la substance organique en dextrine. Je repris aussitôt la question dans les termes où elle était ainsi posée et je m'occupai des expériences qui la pouvaient définitivement résoudre.

» Les considérations suivantes feront aisément comprendre par quelles voies j'y suis parvenu.

» L'amidon, dans le composé qu'il forme avec l'oxide de plomb, reste momentanément privé de tous ses caractères physiques et chimiques les plus remarquables;

» Il s'est ainsi contracté dans l'eau, qui le tenait prodigieusement gonflé

ou dissous; à l'aide de la chaleur même, il ne s'y peut plus gonfler ni dissoudre.

» La diastase reste sans action sur lui.

» L'iode, même en grand excès, ne lui fait plus prendre la belle coloration bleue qui le caractérisait.

» Mais les propriétés de l'amidon ne sont que dissimulées par suite de l'union intime qu'il a contractée avec l'oxide : en effet, si l'on vient à le mettre en liberté, en le remplaçant par un acide qui, à son tour, sature la base, à l'instant même tous les caractères distinctifs de l'amidon lui sont rendus.

» Ils peuvent reparaître même avec les nuances délicates dues aux circonstances particulières de la sécrétion dans les plantes ou bien à des effets de désagrégation artificiellement opérés, avant son union avec l'oxide métallique.

» Si donc il fallait *désorganiser* l'amidon ou l'altérer, comme le croit M. Berzélius, pour lui donner la composition que je lui ai trouvée dans l'amylate, ses propriétés caractéristiques auraient disparu lorsqu'on le dégagerait de la combinaison. C'est bien aussi ce que suppose M. Berzélius; mais, à l'aide des précautions convenables, je suis arrivé à prouver le contraire, à extraire pure la substance organique conservant ses caractères primitifs, notamment la faculté de s'unir en un beau composé bleu avec l'iode, puis de se décolorer par la chaleur entre 65 et 100°, enfin, de reprendre sa couleur par le refroidissement.

» M. Berzélius a observé une transformation en dextrine, de l'amidon engagé dans l'amylate lorsqu'on chauffe celui-ci jusqu'à 179°.

» Or, la dextrine a pour caractères de rester incolore et diaphane, en contact avec l'iode, soit dans l'eau, soit à sec, et je me suis assuré que l'amylate bibasique peut être chauffé jusqu'à 170 et 180° sans que la matière organique ait acquis ces propriétés de la dextrine et lors même que l'on a soutenu la température au point de commencer à brunir la substance : en effet, rendue libre alors, elle prend par l'iode une couleur violette foncée et devient opaque sous une épaisseur peu considérable.

» Une étude approfondie de ce sujet intéressant m'a permis d'apercevoir les causes des anomalies apparentes trouvées par M. Berzélius, des altérations qu'il a observées, et de découvrir enfin une interprétation des résultats auxquels on arrive lorsqu'un certain terme de dessiccation incomplète de l'amylate se présente.

» On en pourra juger en lisant les conclusions principales de mes re-

cherches que je vais exposer d'abord, puis les détails des analyses que je présenterai à l'appui.

» *Conclusions.*—L'amidon pur, desséché le plus possible, contient 0,448 de carbone : *c'est un amylate d'eau* = $C^{24}H^{18}O^{9}, H^{2}O$.

» L'analyse de l'amylate de plomb blanc, hydraté, retenant encore l'équivalent de l'atome d'eau de l'hydrate tribasique de plomb, donne 0,459 de carbone, c'est-à-dire un centième de plus que n'en contient l'amidon libre, séché au maximum, ou l'amylate d'eau.

» L'amylate de plomb commence à perdre dans le vide sec, à 125°, ce dernier équivalent; sa matière organique reste incolore, ne se désagrége pas jusqu'à se convertir en dextrine; son oxide déshydraté colore graduellement la masse du jaune pâle au jaune de massicot.

» Dans tous ces termes la combinaison subsiste, car l'iode n'y peut déceler aucune trace de substance amylacée libre, qu'après la décomposition par un acide, et la matière organique reste inaltérée; car on peut la dissoudre incolore et teindre en bleu cette solution par une addition d'iode. Une altération sensible n'a lieu que lorsqu'on chauffe brusquement la matière encore hydratée.

» D'après leurs formules rationnelles, l'amidon anhydre = $C^{24}H^{18}O^{9}$;

» L'amidon libre (amylate d'eau) = $H^{2}O, C^{24}H^{18}O^{9}$;

» Et l'amylate de plomb bibasique = $2PbO, C^{24}H^{18}O^{9}$.

» On obtient les mêmes résultats analytiques en agissant sur la fécule des pommes de terre, ou sur l'amidon de blé.

» Telles sont aussi les formules correspondantes de la dextrine et de ses combinaisons.

» L'amidon libre séché à froid dans le vide, est équivalent à la formule $H^{2}O, C^{24}H^{18}O^{9} + 2H^{2}O$.

» La même substance organique, combinée avec l'oxide de plomb, retient à froid une égale proportion d'eau; mais, dans ce cas, la présence de l'oxide rend libre le troisième atome : il se dégage avec les deux autres de 100 à 130°, tandis que l'amidon, non combiné à l'oxide, ne peut perdre, dans les mêmes circonstances, que ses deux atomes d'hydratation, le troisième constituant la combinaison stable (1).

» Ces faits offrent de nouveaux moyens de vérification des analyses élémentaires des amylates.

» Voici les moyennes de ces analyses, relativement aux deux états précités :

---

(1) L'hydrate de protoxide de plomb commence à perdre son atome d'eau à + 130°.

DÉDUCTIONS EXPÉRIMENTALES.		DÉDUCTIONS THÉORIQUES.
Moyenne des 5 analyses de l'amylate anhydre.		*Composition de la même substance suivant la formule* $C^{24} H^{18} O^{9}$.
Composition de la matière organique.		
Carbone........	47,310	47,5
Hydrogène......	5,770	5,7
Oxigène........	46,920	46,8
	100	100
Moyenne des 3 analyses de l'amylate retenant l'eau unie à l'oxide.		*Composition théorique de la même substance organique.*
Carbone........	45,52	45,9
Hydrogène......	6,04	5,97
Oxigène........	48,44	48,13
	100	100

» *Préparation, propriétés et analyse de l'amylate de plomb hydraté et anhydre.*—Dans mes précédentes recherches, je m'étais attaché à montrer comment on peut obtenir l'amylate de plomb bibasique ; ce point étant aujourd'hui vérifié et admis par M. Berzélius, j'ai cru devoir varier les proportions dans lesquelles la substance organique se combine à l'oxide, analyser ainsi plusieurs composés équivalents à un atome d'amylate neutre, plus un atome d'amylate bibasique et multiplier les échantillons préparés; enfin, je me suis servi pour ces préparations, soit de fécule de pommes de terre, soit d'amidon de blé hydratés à chaud, mais non filtrés, afin de réunir toutes les difficultés de la dessiccation et de la pulvérisation complètes.

» J'ai pensé d'ailleurs qu'en agissant par comparaison sur un amylate dont la composition se rapprocherait beaucoup du composé tribasique, et la desséchant rapidement de + 100 à 145°, je ferais ressortir des différences notables, si ces composés pouvaient réellement varier.

» Les résultats suivants de ces analyses, réunis dans deux tableaux, montrent qu'aucune d'elles n'a offert la composition de l'amidon libre, et cependant nous n'avons pas omis une seule des analyses que nous avons successivement faites depuis la lecture de la lettre de M. Berzélius.

» Tous ces résultats se rapportent soit à la combinaison retenant l'eau de l'hydrate de plomb, soit à la substance engagée dans l'amylate anhydre.

Résultats des cinq analyses de l'amylate de plomb anhydre séché dans le vide sec.

Première analyse. — Amylate préparé avec fécule non filtrée, chauffé lentement de 100 à 135°, et poussé un instant à + 180° (poudre impalpable jaune):

Poids de la substance.	1139	d'où	PbO = 631	1139	Matière organique.	C = 47,83	100
Ac. carbonique...	882		C = 243			H = 5,78	
Eau.............	265		H^2O = 265			O = 46,39	

Deuxième analyse. — Amylate de plomb (fécule non filtrée) séché à + 150° :

Poids de la substance.	830	PbO = 469	830	Matière organique.	C = 47,66	100
Ac. carbonique...	625	C = 172			H = 5,78	
Eau.............	189	H^2O = 189			O = 46,56	

Troisième analyse. — Amylate préparé avec amidon de blé non filtré, séché à + 130° :

Poids de la substance.	978	PbO = 584	978	Matière organique.	C = 47,96	100
Ac. carbonique...	685	C = 189			H = 5,77	
Eau.............	205	H^2O = 205			O = 46,27	

Quatrième analyse. — Amylate préparé avec amidon non filtré, séché à 140° :

Poids de la substance.	1136	PbO = 646	1136	Matière organique.	C = 46,32	100
Ac. carbonique...	823	C = 227			H = 5,95	
Eau.............	263	H^2O = 263			O = 47,30	

Cinquième analyse. — Amylate préparé avec l'amidon de blé filtré, séché à 140° :

Poids de la substance.	1117	PbO = 726	1117	Matière organique.	C = 46,80	100
Ac. carbonique...	663	C = 183			H = 5,90	
Eau.............	208	H^2O = 208			O = 47,30	

» Les moyens de vérification qui précèdent pouvaient paraître suffisants; je cherchai cependant à en découvrir d'autres. Je pensai que si la différence d'un atome d'eau entre la substance organique libre et combinée était constante, elle devait se manifester encore dans d'autres réactions. Voici l'une de celles que j'ai observées, et qui me paraît offrir une démonstration nouvelle, aussi nette que l'analyse élémentaire, susceptible même de faire prévoir ou d'expliquer relativement à celle-ci, de légères erreurs apparentes.

» *Amylate de plomb hydraté, et nouveau mode de détermination pour l'amylate anhydre.* — La conservation remarquable des caractères de la substance organique engagée dans la combinaison avec l'oxide métallique,

me fit penser que cette substance retenait à froid son eau d'hydratation et ne perdait l'atome constituant que sous les influences réunies de la base et de l'élévation de la température.

» Je soumis avec d'autant plus de soin cette conjecture à l'expérience, qu'elle me faisait entrevoir un moyen de vérifier la formule contestée : en effet, dans les circonstances où libre, l'amidon perd deux atomes d'eau, combiné il en devait perdre trois.

» 782 milligrammes d'amylate de plomb pesés, après dessiccation pendant douze heures dans le vide, entre 10 et 12°, furent chauffés à + 130°, et maintenus pendant une demi-heure dans le vide entre 130 et 128°; parfaitement blanc encore, il avait perdu 60 milligrammes. Deux autres dessiccations pendant une demi-heure dans le vide, à 130°, enlevèrent seulement 2 milligrammes; la proportion d'eau extraite ainsi dépassait, dès la première dessiccation à chaud, les trois atomes unis à l'amidon anhydre dans l'amylate séché à froid,

» Le même résultat fut obtenu dans trois autres essais, et je découvris bientôt qu'il s'interprétait exactement en tenant compte dans le calcul, de l'eau inhérente à l'hydrate de plomb tribasique, composé dont j'ai démontré l'existence ainsi que la formule. On trouve ainsi la formule suivante pour l'amylate hydraté :

$6(PbO)$,	ou $2PbO$		$= 2,789$	
$3(C^{24}H^{18}O^{9})$,	$C^{24}H^{18}O^{9}$		$= 1,930$	
$3(H^{2}O)$,	$H^{2}O$	eau constituante de l'amidon libre.	$= 112,2$	412
$6(H^{2}O)$,	$2H^{2}O$	eau d'hydratation *id*.	$= 224,4$	
$2(H^{2}O)$,	$\frac{2H^{2}O}{3}$	eau de l'hydrate de plomb	$= 74,4$	
				5,131

d'où....... 5,131 : 412 :: 100 : 8 ;

L'expérience précitée donne............... 782 : 62 :: 100 : 7,93 ;

L'élimination de 2 at. seulement donnerait.. 782 : 45,6 :: 100 : 5,83,

en y comprenant même l'eau chassée de l'hydrate de plomb. Ainsi, la matière organique de l'amylate de plomb perd ses trois atomes d'eau sans que l'amylate cesse d'être parfaitement blanc et pur; il ne devient jaunâtre que pendant le passage complet de l'oxide de plomb à l'état anhydre.

» On a vu, en suivant les détails qui précèdent des essais par dessiccation graduée, que la composition de l'amylate de plomb correspondante à la matière organique anhydre, plus l'hydrate de protoxide de plomb, semble avoir quelque stabilité; que, du moins, les nombres équivalents se rencontrent lorsque la dessiccation est interrompue à certains termes.

» Lorsque cette composition se réalise, elle peut occasioner une méprise sur la proportion du carbone, sans justifier cependant, dans ce cas-là même, la supposition d'une identité entre l'amidon libre et l'amidon anhydre combiné; en effet, la matière réductible en eau et acide carbonique dans l'amylate, équivaut alors :

Pour l'amidon anhydre à	1930
Pour l'eau de l'hydrate de plomb à	74
	2004

D'où l'on déduit pour le carbone 2004 : 917,28 :: 100 : 45,9.

» Voici les analyses des amylates correspondants par leur terme de dessiccation au composé ci-dessus et tels que les essais en question les produisent aisément :

Résultats des trois analyses de l'amylate de plomb séché dans le vide (retenant l'eau de l'hydrate de plomb).

Sixième analyse. — Fécule non filtrée, amylate chauffé de 100 à 130°.

Substance employée...	708	PbO =	394	Mat. organique. C =	45,86
Ac. carbonique obtenu.	521	C =	144	H =	6
Eau................	170	H^2O =	170	O =	48,14
			708		100

Septième analyse. — Amidon non filtré, amylate séché de 100 à 130°.

Substance employée..	1160	PbO =	627	Mat. organique. C =	45,40
Ac. carboniq. obtenu.	876	C =	242	H =	6,05
Eau................	291	H^2O =	291	O =	48,55
			1,160		100

Huitième analyse. — Fécule non filtrée, amylate séché à 130°.

Substance employée..	1086	PbO =	618	Mat. organique. C =	45,29
Ac. carboniq. obtenu.	768	C =	212	H =	6,06
Eau................	256	H^2O =	256	O =	48,65
			1086		100

» En effet, tous les amylates chauffés de 100° à 130° sans coloration sensible offrent cette composition; ce n'est que de 130 à 150° que l'on chasse bien nettement et sans peine toute l'eau inhérente à la constitution de l'oxide de plomb hydraté.

» A ce terme toutefois l'amidon n'est point altéré, il n'a éprouvé qu'une division à peine égale à celle qu'on peut lui faire subir mécaniquement;

car, traité par l'acide acétique, il donne une solution incolore, et celle-ci développe, sous l'influence de l'iode, de belles nuances bleues.

» La sensibilité extrême de plusieurs réactifs pour décéler les moindres changements dans la substance amylacée, me paraissant offrir un des moyens de décider une importante question relative aux lois des combinaisons organiques, j'ai voulu essayer de l'appliquer dans cette circonstance, et apporter en cela mon faible tribut aux exigeances actuelles de la science.

» Deux épreuves faciles, appliquées à l'amylate bibasique, soit hydraté, soit desséché à froid, ou à + 130°, conduisent directement à ce double résultat : on délaie dans environ 100 volumes d'eau l'amylate sous ces trois états; chacun des liquides blancs émulsifs est réparti dans deux éprouvettes. On ajoute dans l'une d'elles un léger excès d'acide acétique : à l'instant même le liquide devient diaphane par la dissolution de l'oxide, qui laisse en liberté la substance organique; celle-ci est aussitôt disséminée ou dissoute et sans aucune altération; car l'addition d'un excès d'iode la colore en une belle nuance bleue. La présence de l'acétate de plomb formé détermine la contraction de l'iodure d'amidon qui se précipite (1).

» Dans chacune des autres éprouvettes on ajoute un volume égal de solution aqueuse d'iode; une partie de ce corps entrant en combinaison, se précipite avec l'amylate qu'il colore en jaune-fauve; son excès montre que, soit dans l'amylate précipité, soit dans le liquide surnageant, il ne se trouve pas la moindre trace de substance amylacée libre; on verse alors un peu d'acide acétique dans le mélange, et la matière organique dégagée de la combinaison, est rapidement gonflée ou dissoute et teinte en bleu par l'iode; l'élévation de la température de 65 à 100° fait disparaître la couleur bleue du liquide. Cette coloration reparaît après le refroidissement.

» Ces deux séries d'expériences, répétées comparativement entre l'amidon du blé et la fécule des pommes de terre, ont donné des résultats semblables : le volume ou la dissolubilité et la nuance des flocons iodurés permettait de discerner les différences physiques observées entre les produits de chaque origine et même le degré de désagrégation qu'on leur faisait éprouver avant la combinaison (2).

---

(1) L'abaissement de la température ou l'addition du sel marin, hâte cette précipitation, qui d'ailleurs n'aurait pas lieu si la dessiccation poussée à +170°, avait été prolongée au point de colorer l'amylate en jaune-fauve.

(2) L'amidon désagrégé par les divers moyens indiqués, au point de développer,

» On voit donc que les phénomènes de coloration bleue et de contraction dus au groupement spécial des particules amylacées, persistent après la combinaison; ils constituent un caractère d'une telle délicatesse, qu'il devient évident que l'eau dégagée sans altérer ces propriétés, n'a pu produire la moindre altération chimique. Pour soutenir l'hypothèse contraire, il faut non-seulement supposer que l'eau enlevée détermine une décomposition, que l'eau restituée opère la recomposition chimique, mais encore il faudrait ajouter qu'après cette hypothèse élémentaire, il s'opérerait une sorte de réorganisation, que de plus celle-ci se reproduirait avec toutes ses particularités antérieures à la combinaison chimique, particularités qui elles-mêmes dérivaient des circonstances de la végétation.

» La composition de l'amylate de plomb bibasique pur et anhydre est donc bien certainement représentée par la formule $2PbO, C^{24}H^{18}O^9$. Si les expériences les plus rigoureuses m'eussent permis d'y ajouter l'équivalent d'un atome d'eau, je me serais empressé de faire cette modification, qui n'eût absolument rien changé aux cent autres résultats consignés dans mon Mémoire; mais l'intérêt de la vérité s'y oppose, et l'importance théorique du fait explique l'insistance que je mets à multiplier les moyens de vérification soumis au contrôle de l'Académie.

» *Causes des anomalies apparentes entre nos résultats et les expériences de M. Berzélius.* Pour répondre dignement à M. Berzélius, aucun effort ne devait être ménagé; il ne nous suffisait pas de présenter par deux voies nouvelles la démonstration d'une proportion de carbone excédant 0,448 dans l'amidon de plusieurs origines, anhydre et combiné en plusieurs proportions; de prouver qu'une première dessiccation rapide à 100° pouvait laisser à la substance organique de l'amylate de plomb, l'eau constituante de l'amidon libre, tandis que la même température soutenue lui enlevait son atome d'eau: nous avons voulu encore trouver la cause de l'altération remarquée par M. Berzélius dans l'amylate chauffé à +170°.

» D'abord nous avions bien constaté que cette altération ne convertit pas en dextrine la matière organique, mais qu'elle peut la désagréger au point de donner, dans l'acide acétique, une solution de couleur ambrée, puis par l'iode une coloration violette.

» Mais, ayant reconnu que cette altération était d'autant plus prononcée que l'élévation de la température avait été plus brusque, nous conçûmes

---

étant dissous, une couleur rougeâtre par l'iode, donne la même nuance après avoir été combiné avec l'oxide de plomb, puis séché à + 135°, puis mis en liberté.

l'espoir d'arriver au même terme de dessiccation en chauffant moins, mais surtout d'une manière plus graduée.

» Nous avons atteint ce but complétement, au point d'éviter toute coloration fauve ou brune dépendante de la matière organique, en développant seulement la couleur jaune de massicot appartenant à la combinaison déshydratée, semblable à celle que prend l'hydrate de protoxide de plomb séché avec des précautions analogues : la coloration commence à +125° et la dessiccation est complète à 145.

» Dans la vue de rechercher enfin, s'il y avait des différences notables entre ces termes de dessiccation ultime et ceux qui conviennent à l'hydrate de protoxide de plomb isolé, j'ai graduellement chauffé celui-ci en observant le moment où les premières portions d'eau se dégageraient.

» Ce fut vers le 130e degré du thermomètre que ce phénomène commença; dès lors les cristaux octaèdriques se colorèrent en jaune pâle, mais, en écrasant ces cristaux sous le microscope, on extrayait de l'intérieur de la plupart d'entre eux, des parcelles non déshydratées, blanches, diaphanes.

» Ce ne fut qu'après avoir soutenu la température à +145° que la déshydratation devint complète et la déperdition en eau, égale à l'atome constituant le composé tribasique et le rapport 112,24 : 4183,5.

» Je rappelle en terminant, que M. Berzélius a constaté l'exactitude du procédé que j'avais indiqué pour préparer l'amylate bibasique de plomb. Cette vérification était d'autant plus importante à noter ici, que je la dois à un illustre chimiste, dont l'honorable amitié est, on le sait bien, toujours en dehors des droits de la science.

» Si j'ajoute enfin que M. Schmersahl m'a aidé surtout dans les opérations analytiques, c'est pour l'en remercier et offrir une garantie de plus de l'exactitude des résultats obtenus. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur les vibrations des gaz dans les tuyaux de diverses formes; par* M. **Duhamel**.

(Commissaires, MM. Savart, Savary, Poncelet, Sturm.)

« La première question traitée par l'auteur est celle de la vitesse de propagation du son dans un gaz renfermé dans un tuyau cylindrique indéfini, dont la section droite est une courbe quelconque. M. Dulong, tout en regardant comme probable que cette vitesse est la même que si le milieu était indéfini, avait émis quelques doutes à cet égard, en rappelant que

M. Poisson avait annoncé que le son ne se propageait pas avec la même vitesse dans une barre solide que dans un milieu indéfini en tout sens, formé de la même substance que la barre. M. Duhamel a démontré que la vitesse du son était la même pour le gaz renfermé dans un tuyau cylindrique, que pour ce même gaz indéfini dans tous les sens.

» Les autres questions que M. Duhamel a traitées sont les suivantes: Mouvement d'une molécule quelconque du gaz renfermé dans un tuyau cylindrique indéfini, à base circulaire, en supposant l'ébranlement primitif symétrique autour de l'axe.

» Des sons produits par les vibrations dirigées suivant les rayons des sections droites.

» Cas où ce même tuyau a une longueur finie. Influence que peuvent avoir sur le son les mouvements perpendiculaires à l'axe. Preuve qu'il n'en existe pas dans les sons que l'on produit ordinairement.

» Mêmes questions pour un tuyau prismatique fini, à base rectangulaire.

» Vitesse de propagation du son dans un tuyau conique indéfini, de forme quelconque. Elle est la même que dans le gaz indéfini dans tous les sens.

» Même question pour le gaz compris entre deux plans indéfinis, qui se coupent.

» Calcul des vibrations des gaz renfermés dans des tuyaux coniques, ouverts ou fermés à l'une quelconque de leurs extrémités. Cette question avait été traitée par Daniel Bernoulli, dans le cas où le tuyau commence au sommet même du cône. Il déclare n'avoir pu faire le calcul pour un tronc de cône quelconque, et il se borne à considérer ceux qu'on obtiendrait en coupant le cône entier, en un de ses nœuds ou de ses ventres. M. Duhamel a donné la solution dans le cas général, qui n'offrait pas aujourd'hui les mêmes difficultés que du temps de Bernoulli.

» La dernière question traitée dans ce Mémoire, se rapporte aux vibrations d'un gaz dans un tuyau fini formé par quatre plans, dont deux sont parallèles et les deux autres sont inclinés l'un sur l'autre, et perpendiculaires aux premiers. »

PHYSIOLOGIE. — *Mémoire sur le sang humain; par* M. LETELLIER.

Voici ce que M. Letellier croit avoir démontré :

« 1°. Les globules rouges étendus d'eau ne disparaissent que par la dissolution de leur enveloppe colorée et leur transparence; mais le noyau blanc reparaît dès qu'on sature l'eau par un sel neutre;

» 2°. Leur densité est plus considérable que celle du sérum et que celle de la fibrine, mais elle varie beaucoup;

» 3°. En contact avec l'oxigène, ils en absorbent une grande partie, en convertissent une autre portion en acide carbonique, et donnent naissance à un dépôt semblable à de la fibrine pulvérulente;

» 4°. L'acide carbonique rend la fibrine plus spongieuse, plus avide d'eau en en augmentant peut-être la quantité, et dépouille une portion de globules de leur enveloppe rouge;

» 5°. Le noyau des globules est de nature fibrineuse;

» 6°. La quantité de globules rouges varie dans le sang de 83 à 155 parties pour 100, sans rapport constant avec l'âge, le sexe, le tempérament, ou les maladies; mais elle diminue par les saignées;

» 7°. L'hématosine ou enveloppe colorée des globules, n'a pas encore été isolée d'une manière satisfaisante;

» 9°. Elle ne diffère de l'albumine que par sa couleur, par sa précipitation avec les sels alcalins, avec excès d'acide, et peut-être par sa non-précipitation, avec l'acétate de plomb. Toutes les autres différences sont fausses. »

VACCINE. — M. le Dr **E.-A. Ancelon** adresse un *Mémoire sur la vaccine*. Son intention, dit-il, n'est pas de concourir pour le prix proposé sur ce sujet, mais de ramener la question sur son véritable terrain.

MÉCANIQUE. — M. **Amédée Durand** soumet au jugement de l'Académie, une machine de son invention, ayant pour objet d'*utiliser l'action du vent par des moyens nouveaux*.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Séguier.)

MÉTÉOROLOGIE. — M. **Ph. de Girard**, ingénieur en chef des mines en Pologne, envoie à l'Académie deux instruments météorographiques, destinés à donner d'eux-mêmes, par un procédé purement mécanique, le registre des principales variations atmosphériques qui font l'objet des observations météorologiques.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Boussingault.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Intérieur** réclame des pièces qu'il avait été chargé de transmettre à l'Académie, de la part de M. *Brocchieri*, chimiste napolitain. L'Académie n'a pu faire de rapport, vu que ce chimiste n'avait pas indiqué les procédés au moyen desquels il obtient ses résultats.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Emploi de l'air comprimé.* — Lettre de M. **Pelletan.**

« Monsieur le Président,

» La communication récente qui a été faite à l'Académie d'une brochure de M. Andraud, intitulée : *De l'air comprimé employé comme moteur*, me fait attacher un grand intérêt à la note suivante dont je vous prie d'avoir la bonté de donner connaissance à l'assemblée.

» Un litre d'air à 10 atmosphères peut fournir, quand on l'emploie avec détente, une force de 300^k, avec un chemin d'un mètre;

» 10 litres donnent $3000^k = 40$ chevaux.

» Ainsi, en dépensant 10 décimètres cubes d'air comprimé à 10 atmosphères par seconde, on dispose d'une force théorique de 40 chevaux.

» Un réservoir en fer battu, capable de supporter à froid 20 atmosphères de pression, ayant deux mètres $\frac{8}{10}$ de diamètre et 6 mètres de longueur, contient 36 000 décimètres cubes, et pèse 3000 kilog.

» En y comprimant de l'air à 15 atmosphères, il pourra fournir pendant 1 heure, 10 litres d'air par seconde, dont la tension variera de 15 à 5 atmosphères, moyenne 10 atmosphères, ou 40 chevaux.

» En réduisant la force utile à la moitié de la force théorique, un semblable réservoir donne pendant une heure une force utile de 20 chevaux; c'est-à-dire le moyen de faire parcourir 10 lieues sur un chemin de fer à un train de waggons.

» La force est actuellement développée sur une locomotive, de la manière la plus dispendieuse; celles du chemin de Saint-Germain, pour une force utile de 20 chevaux, consomment 240^k de coke par voyage, ou 480 par heure, ou 24^k par heure et par force de cheval.

» Des machines fixes, placées toutes les dix lieues sur le tracé d'un chemin de fer, produiront de la force à raison de 3 kilog. de charbon par heure et par force de cheval. Cette force étant employée à comprimer de

l'air dans de vastes réservoirs, avec lesquels il suffira de venir s'aboucher pour charger la locomotive, présentera encore une grande économie de combustible, quelle que soit la perte de force due aux frottements, à la compression successive, etc.

» On sera moins surpris de la grande puissance dont on peut se charger ainsi pour une heure, en considérant que l'on emporte 540 kil. d'air comprimé à 15 atmosphères, qui valent bien 480 kil. de coke.

» La seule objection à l'emploi de ce système est la difficulté, jusqu'ici insoluble, d'employer dans des machines à piston des pressions de 10 atmosphères.

» La nouvelle machine de rotation que MM. Arago et Séguier ont déjà vue fonctionner, résout complétement ce problème; elle utilise *avec détente* la force des gaz comprimés, et les hautes pressions lui sont très favorables, en ce sens que la vitesse d'écoulement par le jet s'accroît très peu avec les pressions, tandis que la densité croît comme ces mêmes pressions.

» Une locomotive ordinaire pesant 13 000 kilog., et le réservoir précédemment supposé n'en pesant que 3000, il est évident qu'il est possible d'emmener avec soi de la force pour faire 40 ou 50 lieues de chemin sans être plus chargé qu'aujourd'hui, et qu'ainsi on peut se contenter, par exemple, d'une machine de compression à Paris, et d'une autre à Orléans ou au Havre.

» Si les réservoirs à air comprimé laissaient concevoir quelque inquiétude, on pourrait les composer de tuyaux d'un petit diamètre; ainsi le réservoir de 2 mètres de diamètre qui contient 36 mètres cubes, peut être remplacé par un système de tubes de 8 pouces de diamètre; mais dans ce cas la même capacité pèserait 5000 kilogr. au lieu de 3000 kilogr.

» Le même genre de considérations fait concevoir la facilité de diviser la puissance en l'appliquant à des voitures isolées qui marcheraient, soit sur des chemins de fer, soit même sur des routes ordinaires avec des relais plus ou moins fréquents d'air comprimé.

» En résumé, les chemins de fer peuvent être desservis par des locomotives fonctionnant sans feu et sans eau; ces machines coûteraient peu, iraient vite et ne seraient sujettes à aucun accident.

» La brochure de M. Andraud contenant, au milieu d'un grand nombre d'autres idées sur l'emploi et la compression de l'air, la plupart des choses que je viens d'énoncer, *sauf les calculs*, j'ai un grand intérêt à ce que l'Académie sache que ces idées m'appartiennent et que je m'en suis as-

suré la propriété par un brevet qui a été demandé le 10 juillet 1838 et délivré le 23 octobre même année.

» J'ai l'honneur d'être, etc. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. *Procédé photogénique ; par* M. LASSAIGNE.

« Les calques qu'on obtient par le procédé de M. Talbot sur les papiers préparés avec le chlorure d'argent, présentent toujours, sous le rapport des parties éclairées et ombrées, l'inverse de la gravure. Après plusieurs tentatives, je suis arrivé à obtenir directement une copie fidèle de la gravure, avec ses ombres et ses clairs, tels qu'ils existent sur l'original, comme on peut le constater sur l'épreuve que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau.

» Le moyen que j'emploie est fondé sur l'observation que j'ai eu l'occasion de faire, que le sous-chlorure d'argent, noirci à la lumière du soleil, se décomposait beaucoup plus vite sous l'influence de cette lumière, en présence de l'iodure de potassium, qu'à l'ombre ou exposé à une faible lumière.

» Si l'on place derrière une gravure un papier préalablement noirci par l'exposition du chlorure d'argent au soleil, et imprégné ensuite d'une solution faible d'iodure de potassium, tous les traits noirs de la gravure ne laissant pas passer la lumière, préservent de la double décomposition le sous-chlorure d'argent; au contraire, les parties blanches, transmettant en partie la lumière, déterminent cette décomposition en quelques heures, et font prendre aux parties du papier exposées à cette radiation, une teinte d'un gris verdâtre ou d'un jaune pâle, par l'iodure d'argent qui s'est formé.

» La décomposition étant opérée dans les conditions que j'ai rapportées ci-dessus, il faut se hâter d'enlever l'iodure de potassium qui recouvre les portions du sous-chlorure d'argent non attaquées, car il ne tarderait pas à réagir peu à peu sur elles à la lumière diffuse, et le dessin produit s'effacerait.

» Le moyen simple que j'ai mis à exécution, consiste à placer le papier qui a reçu l'impression de la gravure, dans une cuvette remplie d'eau froide ou tiède, et à l'y laisser pendant 15 à 20 minutes, en renouvelant l'eau de temps en temps, afin de bien laver le papier et le débarrasser totalement des dernières portions d'iodure de potassium.

» Les calques obtenus par ce procédé, peuvent rester exposés longtemps à la lumière diffuse et même directe, sans s'altérer sensiblement. »

GÉOGRAPHIE.—M. **Pentland** transmet de nouveaux détails au sujet du débat qui s'est élevé entre M. *Bowring* et M. *d'Orbigny*, touchant la carte du lac de *Titicaca*. M. *Pentland* déclare qu'il a vu dans les mains de son compatriote, des matériaux manuscrits nombreux, et de plus une lettre par laquelle M. *d'Orbigny* accusait réception de la carte dont M. *Bowring* réclame aujourd'hui la propriété. Au reste, il résulte des *observations astronomiques* de M. *Pentland*, que la carte en question est très défectueuse. On y remarque des points où les erreurs en latitude vont à 42 minutes, et d'autres points où ces erreurs ne dépassent pas 3 ou 4 minutes. M. *Pentland* annonce aussi que la déclinaison de l'aiguille aimantée portée sur la carte de M. *d'Orbigny*, est erronée : M. *Borwing*, qui, dit-il, l'avait déterminée, a reconnu, en revoyant ses calculs, qu'il s'était trompé.

M. *Pentland* annonce la publication prochaine d'une carte qui représentera le bassin du lac de *Titicaca* et les montagnes qui l'entourent, le tout fondé sur plusieurs milliers d'observations astronomiques et géodésiques. La carte sera accompagnée de la flore, de la faune de cette région extraordinaire, et de son étude géodésique. M. *Pentland* y joindra des dessins exacts et détaillés des nombreux monuments péruviens qui existent sur les bords du lac.

ICHTHYOLOGIE.—Il résulte d'une note communiquée par M. *Valenciennes*, que le voyage de M. *Pentland* dans le *haut Pérou*, a enrichi l'*ichthyologie*, d'une famille, d'un genre, et de plusieurs espèces de poissons très curieux. MM. *Pentland* et *Valenciennes* promettent un Mémoire détaillé sur ces découvertes.

M. **Ernest Capocci**, directeur de l'Observatoire de Naples, adresse, de la part du ministre des affaires intérieures de ce royaume, le recueil intitulé *Annali civili*, pour l'année 1837 et une partie de 1838. Il annonce qu'il enverra prochainement les numéros relatifs aux années antérieures.

(Commissaire, pour un rapport verbal, M. Arago.)

M. **Jémon**, sous-lieutenant au 16e de ligne, adresse quelques réflexions sur les moyens de déterminer les principes auxquels l'air, les eaux et les matières morbides doivent leur influence sur les animaux.

Cette question a été proposée comme sujet de prix par la section de Chimie.

M. **Leymerie** envoie le détail d'une observation relative à la guérison d'une affection du larynx, consignée dans le *Traité des bains de vapeur*, qu'il a présenté à l'Académie, et qui a été renvoyé à l'examen de MM. Becquerel et Breschet.

M. **Jean-Baptiste Jarbitz** écrit de Goriz, pour faire connaître un procédé au moyen duquel il peut, dit-il, transformer, en une heure environ, et sans employer la chaleur, une quantité quelconque d'eau-de-vie en alcool pur, et même en éther.

M. **F.-P. de Méis** réclame un Mémoire de géométrie qu'il a envoyé le 5 novembre dernier, et annonce l'intention d'en présenter un autre.

M. **G. Krauss**, docteur-médecin à Londres, annonce l'envoi de divers appareils orthopédiques, qu'il destine au concours pour les prix Montyon de cette année.

M. **Bonafous** adresse une Note sur une variété de ver à soie à trois récoltes, ou à trois pontes, accompagnée d'œufs de cette même variété.

M. **Pondig**, prêtre à Moustey, département des Landes, écrit pour demander à l'Académie si elle ne connaîtrait pas quelque moyen de détruire la *taupe-grillon*, qui s'est multipliée d'une manière si extraordinaire dans ce pays, qu'au temps de la moisson, on aperçoit des champs immenses renfermant à peine quelques douzaines d'épis.

(Renvoyé à la section d'Économie rurale.)

M. **Agassiz** fait connaître à l'Académie des produits d'une lithographie qui promet, suivant lui, d'heureux résultats pour la publication des ouvrages d'histoire naturelle. M. *Nicolet*, lithographe à Neuchâtel, a fait, à la demande de M. Agassiz, des essais d'impression en couleur, pour éviter les coloriages. « Dans les procédés qu'il a employés, dit M. Agassiz, et que j'ignore, il ne me paraît pas y avoir au fond quelque chose de complétement nouveau, puisque l'on imprime partout en couleur, et que l'impression de teintes métalliques est presque aussi généralement en usage. Mais les impressions de M. Nicolet ont cela de particulier, que les teintes les plus variées s'y trouvent alliées aux teintes métalliques, de manière à se confondre, et à reproduire les reflets naturels des objets représentés. »

M. J. Muller, professeur d'Anatomie et de Physiologie, à Berlin, adresse un Mémoire imprimé, pour concourir au grand prix des sciences physiques, proposé par l'Académie, sur le *Mécanisme de la production de la voix chez l'homme et chez les animaux mammifères.*

La séance est levée à cinq heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 13, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO; nov. 1838, in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. BAJOT et POIRRÉ; 24e année, mars 1839, in-8°.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; tome 11, nov. et déc. 1838, in-8°.

Voyage dans l'Amérique méridionale; par M. ALCIDE D'ORBIGNY; 37e liv., in-4°.

Traité élémentaire d'Entomologie; par M. DELAPORTE, comte DE CASTELNAU; in-8°.

Recherches sur la Fièvre typhoïde; par M. CHARMASSON DE PAYLAVAL; Paris, 1839, in-8°.

De la garantie des vices rédhibitoires dans le commerce des Animaux domestiques; par M. J.-B. HUZARD; 1839, in-16.

Clinique des Maladies des enfants nouveau-nés; par M. VALLEIX; 1838, in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

Dictionnaire pittoresque d'Histoire naturelle et des Phénomènes de la nature; tome 6, 2e partie; tome 7, 1re et 2e partie; tome 8; 1re partie; in-8°.

Répertoire de Chimie scientifique et industrielle; fév. 1839, in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 3, 15—30 avril 1839, in-8°.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; fév. 1839, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; fév. 1839, in-8°.

Théorie de la Grêle et moyens assurés de la prévenir; par M. l'abbé GÉNEVOIS; Turin, 1838, in-8°.

The Annals.... *Annales d'Électricité, de Magnétisme et de Chimie;* avril 1839, in-8°.

The London.... *Journal de Sciences et Magasin philosophique de Londres et d'Édimbourg;* avril 1839, in-8°.

The Journal.... *Journal de la Société royale de Géographie de Londres;* vol. 9, part. 1re, in-8°.

The Quaterly review; n° 126; mars 1839, in-8°.

The Athenæum, journal; n° 135; mars 1839, in-4°.

Chronometer.... *Exactitude chronométrique : vérification de la longitude de Paris; par* M. Dent.

Bericht über die... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication;* janv. et fév. 1839, in-8°.

Uber die compensation.... *Sur la compensation des Forces physiques dans l'organe de la Voix humaine; par* M. J. Muller; Berlin, 1839, in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours relatif à la formation de la voix.)

Annali civili.... *Annales civiles du royaume des Deux-Siciles;* années 1837, et janvier — août 1838; 10 cahiers in-4°; Naples 1837, et 1838.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; 6e année, av. 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 14, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 39—42, in-4°.

La France industrielle; 6e année, n° 1er.

L'Expérience, journal de Médecine et de Chirurgie; n° 92, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 AVRIL 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Thénard** remercie l'Académie de l'intérêt qu'elle lui a témoigné pendant la maladie qui l'avait empêché d'assister pendant quelque temps à ses séances.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Note sur la quantité de lumière réfléchie sous les diverses incidences par les surfaces des corps opaques et spécialement des métaux; par* M. **Augustin Cauchy**.

« Les méthodes que j'ai présentées dans les derniers *Comptes rendus*, et dont j'offrirai les développements à l'Académie dans les prochaines séances, fournissent, comme j'en ai déjà fait la remarque, les moyens de déterminer par le calcul, non-seulement la direction et les plans de polarisation des rayons réfléchis ou réfractés par la surface d'un corps transparent ou opaque, mais encore le rapport entre la quantité de lumière réfléchie ou réfractée, et la lumière incidente. On sait combien la détermination de ce rapport est délicate, combien les expériences de photométrie exigent de précautions pour que l'on puisse ajouter quelque confiance aux résultats qu'elles donnent; et, pour ce motif, les vrais amis de la science désirent

vivement voir bientôt publiées les importantes observations faites par M. Arago, sur la quantité de lumière que réfléchissent les surfaces métalliques. Peut-être, avant cette publication, et dans un sujet si difficile, paraîtrai-je bien téméraire d'oser offrir immédiatement à l'Académie les résultats numériques de mes formules. Mais j'espère que l'on me saura gré de cette témérité même. Cela prouvera du moins, de manière à dissiper tous les doutes qui pourraient subsister encore dans quelques esprits, que mes formules ne ressemblent en rien à des formules d'interpolation; et, dans le fait, pour calculer l'intensité de la lumière réfléchie par divers métaux sous diverses incidences, et telle que je la donnerai tout-à-l'heure, je ne me suis servi ni n'ai voulu me servir d'aucune expérience d'intensité. On me demandera peut-être quelles sont donc les données dont j'ai fait usage: je vais entrer à ce sujet dans quelques détails.

» Lorsque la lumière passe de l'air dans un corps homogène, il existe un certain rapport entre l'épaisseur des ondes incidentes et l'épaisseur des ondes réfractées, ou, ce qui revient au même, entre le sinus d'incidence et le sinus de réfraction. Ce rapport a été nommé l'indice de réfraction. Lorsque le corps est transparent et isophane, l'indice de réfraction demeure constant pour toutes les incidences. Alors, si l'on néglige dans mes formules les termes relatifs à la dispersion, si d'ailleurs on réduit à l'unité une certaine constante, que plusieurs phénomènes, et particulièrement celui de la polarisation complète ou presque complète sous une certaine incidence, indiquent comme devant avoir à très peu près cette valeur, on pourra déduire du seul indice de réfraction les lois de la polarisation produite par la réflexion ou la réfraction de la lumière, et les formules obtenues seront précisément celles que Fresnel a données. J'ajouterai qu'en vertu d'un théorème découvert par M. Brewster, et qui s'accorde avec ces formules, l'indice de réfraction, étant la tangente trigonométrique de l'angle de polarisation, sera immédiatement fourni par l'observation de cet angle.

» Concevons maintenant que le corps donné, restant isophane, cesse d'être transparent et devienne ce qu'on nomme un corps opaque; alors les ondes incidentes donneront encore naissance à des ondes réfléchies et à des ondes réfractées. Seulement ces dernières, en se propageant dans le corps opaque, s'affaibliront rapidement, de manière à devenir insensibles à une distance comparable à la longueur d'une ondulation lumineuse, par exemple, à la distance d'un demi-millième de millimètre. Mais il existera toujours un indice de réfraction qui sera encore le rapport entre les sinus des angles d'incidence et de réfraction, formés par la normale à la surface

réfléchissante avec les perpendiculaires aux plans des ondes incidentes et réfractées. Toutefois, en supposant même qu'on néglige la dispersion et que l'on réduise à l'unité la constante ci-dessus mentionnée, on ne pourra plus déduire les lois des phénomènes du seul indice de réfraction. On aura besoin d'une seconde donnée, qui pourra être le coefficient d'extinction, c'est-à-dire la constante qui indique la rapidité plus ou moins grande avec laquelle le mouvement s'éteint en pénétrant dans le corps opaque. Ainsi, en résumé, des formules qui représentent, avec une approximation suffisante dans la plupart des cas, les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière, peuvent se réduire, pour les corps transparents, d'une seule donnée, savoir, de l'indice de réfraction, et pour les corps opaques, de deux données, savoir, de l'indice de réfraction et du coefficient d'extinction. On sent parfaitement que nos méthodes nous conduisent ici à une conclusion entièrement conforme à la nature des faits. Il est effectivement très naturel, dans la théorie de la lumière, d'établir une distinction fondamentale entre les corps transparents et les corps opaques. Si, pour ces derniers, la théorie exige deux données au lieu d'une, cela tient à ce qu'effectivement ils ont la double propriété de réfracter plus ou moins la lumière, et de l'éteindre plus ou moins rapidement. Il n'est pas plus permis de faire abstraction de la seconde propriété que de faire abstraction de la première; et, après cette explication, personne ne s'étonnera de ce que, dans les séances précédentes, j'aie dit que, pour établir les lois de la réflexion à la surface des corps opaques, j'avais besoin d'emprunter deux données à l'expérience.

» Mais on sera surpris davantage de ce qui va suivre. En voyant que, pour établir les lois des phénomènes et calculer l'intensité de la lumière réfléchie par un corps opaque, je réclamais deux observations, quelques personnes ont pu s'imaginer que ces deux observations devaient nécessairement fournir l'intensité de la lumière sous deux incidences distinctes. Cependant il n'en est rien; et les nombres que j'ai présentés dans la dernière séance, ceux même que renfermait le Mémoire du 4 février dernier, ont été obtenus par une tout autre voie. Pour déterminer l'intensité de la lumière réfléchie par la surface d'un corps opaque, mes formules supposent uniquement que l'on emprunte à l'observation l'incidence principale et l'azimut principal de réflexion, ou, en d'autres termes, l'angle d'incidence appelé par quelques auteurs angle de polarisation *maximum*, et l'azimut de polarisation du rayon réfléchi sous cette incidence, dans le cas où l'azimut du rayon incident est de 45 degrés. On pourrait aussi rem-

placer l'azimut de réflexion principal par l'azimut du rayon restauré, après deux réflexions sous l'incidence principale, les tangentes de ces deux azimuts étant, comme je l'ai dit, tellement liées l'une à l'autre que la seconde soit le carré de la première. Voilà les deux seules données que j'emprunte à l'expérience; mais elles sont l'une et l'autre indispensables. L'une sans l'autre ne suffirait pas; et j'ajouterai que, pour éviter toute équivoque, lorsqu'on voudra comparer mes formules à l'expérience, on devra toujours avoir déduit préalablement ces données d'observations faites sur le corps même auquel les expériences seront relatives.

» Après avoir établi les formules générales que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, je les ai appliquées à quatre métaux, savoir, à l'argent, au mercure, au métal des miroirs, et à l'acier. J'ai supposé, d'après les observations de M. Brewster, que les incidences principales relatives à ces quatre métaux étaient respectivement

73°, 78° 27′, 76°, 75° [ancienne division].

Des expériences du même physicien, les unes directes, les autres indirectes, et relatives au rayon restauré par deux réflexions sous l'incidence principale, m'ont fourni les azimuts de réflexion principaux. Ces azimuts sont, d'après les expériences directes,

42°, 35°, 32°, 30° 30′,

et d'après les expériences indirectes,

42° 23′, 34° 56′, 31° 47′, 28° 56′.

Cela posé, l'intensité de la lumière incidente étant prise pour unité, mes formules donnent pour l'intensité de lumière réfléchie par les quatre métaux : 1°. sous l'incidence perpendiculaire, si l'on fait usage des expériences directes,

0,87, 0,75, 0,63, 0,58,

et si l'on fait usage des expériences indirectes,

0,89, 0,75, 0,63, 0,55;

2°. sous l'incidence principale, si l'on fait usage des expériences directes,

0,87, 0,70, 0,62, 0,59,

et si l'on fait usage des expériences indirectes,

0,89, 0,70, 0,62, 0,56.

On voit ici qu'à deux ou trois centièmes près, les expériences directes

et indirectes fournissent toujours les mêmes nombres pour l'intensité de la lumière réfléchie. D'ailleurs il suit de ce qui précède, 1°. que la quantité de lumière réfléchie par les métaux sous l'incidence perpendiculaire est considérable; 2°. que dans le passage de l'incidence perpendiculaire à l'incidence de 73° et au-delà, la variation de cette intensité est presque insensible. Ces conclusions, et même les chiffres ci-dessus présentés, s'accordent aussi bien qu'on pouvait le désirer, avec le petit nombre des expériences de photométrie déjà connues. Ainsi en particulier une expérience de Bouguer donne précisément 0,75 pour l'intensité de la lumière réfléchie par le mercure sous l'angle de $11°\frac{1}{2}$; et M. Potter, ayant mesuré la lumière réfléchie sous diverses incidences par l'acier et par le métal des miroirs, a obtenu des nombres fort peu différents les uns des autres, dont la moyenne est 0,66 pour le métal des miroirs, et 0,56 ou 0,57 pour l'acier. Enfin M. Biot, en rapportant les expériences de Bouguer, dit expressément :

« Pour les corps dont la force réfléchissante est énergique, la quantité » de lumière réfléchie sous diverses incidences, n'éprouve que des varia- » tions très faibles. » C'est aussi ce qu'indiquent mes formules.

» Ainsi, la lumière réfléchie sur la surface de l'acier, sous les incidences de

0°, 10°, 30°, 50°, 73°, 75°,

est, d'après ces formules et les expériences indirectes,

0,55, 0,55, 0,55, 0,54, 0,55, 0,56.

A la rigueur, en partant de l'incidence perpendiculaire, cette intensité commence par recevoir un léger accroissement à peine sensible, puis elle diminue d'environ un centième jusqu'à 73 degrés d'incidence.

» Au reste, les résultats seront très différents, si, au lieu de lumière ordinaire, on emploie de la lumière polarisée. Je trouve en effet qu'alors l'intensité de la lumière réfléchie croît toujours, à partir de l'incidence perpendiculaire, ou commence par décroître sensiblement pour croître ensuite, après avoir atteint une valeur *minimum*, selon que le rayon incident est polarisé suivant le plan d'incidence, ou perpendiculairement à ce plan. Pour l'acier, en particulier, l'intensité de la lumière réfléchie sous l'incidence principale est, d'après les expériences directes,

0,87 dans le premier cas, 0,30 dans le second,

et d'après les expériences indirectes,

0,86 dans le premier cas, 0,26 dans le second.

» Enfin, mes formules me permettent de calculer par les corps opaques les coefficients d'extinction. Ces coefficients, qui se trouvent ici donnés pour la première fois, sont, pour les quatre métaux ci-dessus mentionnés,

$$2{,}96, \quad 4{,}41, \quad 3{,}39, \quad 3{,}04.$$

J'obtiens aussi les indices de réfraction de ces métaux. Ce qui étonnera peut-être les physiciens, et ce qui, je l'avoue, m'a d'abord causé à moi-même quelque surprise, c'est que les indices dont il s'agit sont beaucoup plus faibles qu'on ne le suppose communément. Ce que l'on donnait ordinairement pour l'indice de réfraction d'un métal se rapproche bien davantage de la racine carrée de la somme des carrés de deux nombres, dont l'un représente cet indice, et l'autre le coefficient d'extinction. Ainsi, par exemple, on se disputait pour savoir si l'indice de réfraction du mercure était

$$4{,}9 \quad \text{ou} \quad 5{,}8.$$

Cet indice est en réalité

$$1{,}7$$

environ, par conséquent trois fois plus petit qu'on ne l'avait supposé.

» *Nota*. Relativement aux expériences de Bouguer, voici ce que dit M. Biot (dans son *Traité de Physique*, tome IV, page 776) : « Je me bornerai à rapporter ici quelques déterminations d'intensités obtenues par » Bouguer. Quoique les procédés dont il a fait usage paraissent comporter » quelques incertitudes, étant uniquement fondés sur la réduction des diverses lumières à l'égalité par la diminution des ouvertures qui les admettent, ou par l'augmentation de leur distance, il paraît qu'en général » ses résultats sont conformes à la vérité; ce qui n'est pas surprenant, » quand l'adresse de l'observateur supplée à l'imperfection des instruments.»

» De plus, dans son Précis (page 621), M. Biot, ajoute : « M. Arago a » bien voulu m'assurer que les résultats de Bouguer rapportés plus haut » lui avaient paru exacts.» Au reste, en attendant les expériences que M. Arago a promises, et que j'appelle de tous mes vœux, je n'avais d'autre ressource que de comparer mes formules aux résultats obtenus par Bouguer et Potter, et il me suffisait que mes nombres ne fussent pas en contradiction avec ceux que l'expérience leur a donnés.

Formules pour la détermination de l'intensité de la lumière réfléchie par la surface d'un corps opaque, et spécialement d'un métal.

» Concevons que l'on fasse tomber un rayon lumineux sur la surface d'un corps opaque, mais isophane, par exemple d'un métal. Soient

τ l'angle d'incidence formé par le rayon lumineux avec la normale à la surface réfléchissante;

l la longueur des ondulations du rayon incident que nous supposons propagé dans l'air ou dans un milieu isophane;

$k = \frac{2\pi}{l}$ la caractéristique de ce même rayon;

k' la caractéristique imaginaire du rayon réfracté, dans le cas où l'on a $\tau = 0$;

$\frac{k'}{k}$ le coefficient caractéristique du corps opaque, pour $\tau = 0$;

Enfin Θ le module, et ε l'argument du coefficient caractéristique $\frac{k'}{k}$, en sorte qu'on ait

$$\frac{k'}{k} = \Theta e^{\varepsilon\sqrt{-1}} = \Theta \cos\varepsilon + \Theta \sin\varepsilon\sqrt{-1}.$$

Le produit $\Theta\cos\varepsilon$ représentera, pour l'incidence perpendiculaire, le rapport entre les épaisseurs des ondes incidentes et réfractées, ou, ce qui revient au même, le rapport entre le sinus d'incidence et le sinus de réfraction; il sera donc ce qu'on nomme l'indice de réfraction. Quant à la constante $\Theta\sin\varepsilon$, dont le produit par k sera le coefficient de la distance à la surface réfléchissante, dans le logarithme népérien de l'amplitude du rayon réfracté, elle pourra être censée représenter le coefficient d'extinction. Cela posé, imaginons que, la lumière incidente, mesurée par le carré de l'amplitude du rayon incident, étant prise pour unité, on nomme

$$I^2 \quad \text{ou} \quad J^2,$$

l'intensité de la lumière réfléchie, selon que le rayon incident est polarisé perpendiculairement au plan d'incidence ou suivant ce même plan. On aura, sous l'incidence perpendiculaire

$$(1) \qquad I^2 = J^2 = \operatorname{tang}\left(\psi - \frac{\pi}{4}\right),$$

la valeur de l'angle ψ étant donnée par la formule

$$(2) \qquad \cot\psi = \cos\varepsilon.\sin(2 \operatorname{arc\,tang}\Theta).$$

Si, l'angle τ cessant d'être nul, l'incidence devient oblique, la constante imaginaire

$$\Theta e^{\varepsilon\sqrt{-1}},$$

se trouvera remplacée par une autre

$$U e^{\upsilon\sqrt{-1}},$$

dont le module U et l'argument υ seront déterminés par les deux formules

$$(3)\quad \cot(2\upsilon - \varepsilon) = \cot\varepsilon \,.\, \cos\left(2 \operatorname{arc\,tang} \frac{\sin\tau}{\Theta}\right), \quad U = \left(\frac{\sin 2\varepsilon}{\sin 2\upsilon}\right)^{\frac{1}{2}} \Theta.$$

Les valeurs des constantes réelles U et υ étant ainsi déterminées, on calculera les intensités I^2 et J^2 à l'aide des équations

$$(4)\qquad I^2 = \operatorname{tang}\left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right), \quad J^2 = \operatorname{tang}\left(\chi - \frac{\pi}{4}\right),$$

dans lesquelles on aura

$$(5)\quad \cot\varphi = \cos(2\varepsilon - \upsilon)\sin\left(2\operatorname{arctang}\frac{U}{\Theta^2\cos\tau}\right), \quad \cot\chi = \cos\upsilon \,.\, \sin\left(2\operatorname{arctang}\frac{\cos\tau}{U}\right).$$

Les formules qui précèdent, supposent connues les valeurs de Θ et de ε relatives à chaque métal. Pour déduire ces valeurs de l'incidence principale et de l'azimut principal de réflexion, il suffit d'observer que, dans le cas particulier où l'angle τ représente l'incidence principale, on a

$$(6)\qquad \upsilon = 2\Pi, \quad U = \sin\tau\cos\tau,$$

Π désignant l'azimut principal de réflexion, et de plus

$$(7)\qquad \operatorname{tang}(2\varepsilon - \upsilon) = \operatorname{tang}\upsilon\cos(\pi - 2\tau), \quad \Theta = \left(\frac{\sin 2\upsilon}{\sin 2\varepsilon}\right)^{\frac{1}{2}} U.$$

Enfin, pour obtenir l'intensité d'un rayon de lumière ordinaire, modifié par la réflexion, j'ai admis avec tous les physiciens qu'il suffisait de calculer la demi-somme $\frac{I^2 + J^2}{2}$, des intensités de deux rayons primitivement égaux, mais polarisés l'un suivant le plan d'incidence, l'autre perpendiculairement à ce plan.

» C'est à l'aide des formules précédentes que j'ai obtenu les nombres donnés ci-dessus. Comme, pour les divers métaux, le rapport

$$\frac{1}{\Theta}$$

est peu considérable, il en résulte que, dans la réflexion sur un métal, les formules (3) donnent sensiblement

$$(8)\qquad \upsilon = \varepsilon, \quad U = \Theta.$$

Alors aussi le coefficient d'extinction et l'indice de réfraction n'éprouvent que des variations peu sensibles, quand le rayon incident s'écarte de la normale à la surface réfléchissante; et les formules (5) peuvent être

dans une première approximation remplacées par les suivantes,

$$(9)\quad \cot\varphi = \cos\varepsilon \sin\left(2 \operatorname{arc tang} \frac{1}{\Theta \cos\tau}\right), \quad \cot\chi = \cos\varepsilon . \sin\left(2 \operatorname{arc tang} \frac{\cos\tau}{\Theta}\right).$$

Les formules (9) appliquées à l'acier, depuis $\tau = 0$ jusqu'à $\tau = 75$ degrés, m'ont donné, à moins d'un centième près, les mêmes résultats que les formules (5). D'ailleurs, en vertu des formules (9), si l'angle τ vient à croître en partant de zéro, l'angle χ et par suite la valeur de J^2 croîtront constamment, tandis que l'angle φ et par suite la valeur de I^2 commenceront par décroître pour croître ensuite, après avoir atteint une valeur *minimum* correspondante à la valeur de τ que détermine la formule

$$(10)\qquad \cos\tau = \frac{1}{\Theta}.$$

La valeur *minimum* de I^2, calculée approximativement à l'aide des formules (4) et (9), sera

$$(11)\qquad I^2 = \operatorname{tang}^2 \frac{\varepsilon}{2}. \text{ »}$$

A la suite de cette lecture, il s'élève une discussion entre M. *Poisson* et M. *Cauchy*.

RAPPORTS.

Rapport sur un Mémoire de M. **Letourneur**, capitaine de vaisseau.

(Commissaires, MM. Ch. Dupin, Rogniat, L. de Freycinet rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Ch. Dupin, Rogniat et moi, de lui faire un rapport sur un Mémoire de M. le capitaine de vaisseau T.-M. Letourneur, ayant pour objet le tir des canons de marine à brague fixe, et quelques autres questions d'artillerie navale.

» Cet ouvrage d'un de nos officiers de marine les plus laborieux et les plus distingués, dont le nom a été prononcé plus d'une fois dans cette enceinte, est le résultat des expériences et des réflexions qu'il a faites pendant la belle campagne qu'il vient d'exécuter sur la frégate *la Terpsichore* qu'il commandait.

» Considérées sous un point de vue militaire, toutes les questions sur le canonnage méritent de fixer l'attention des marins, appelés à soutenir un jour l'honneur du pavillon. Mais le tir des canons à brague fixe, sur les

navires de guerre, est plus particulièrement important puisqu'il a pour résultat d'augmenter dans une forte proportion le nombre de coups qu'une batterie peut tirer; moyen aussi simple qu'ingénieux de multiplier ses forces, puisque si, dans un temps donné, l'on parvient, par exemple, à tirer vingt coups de canon au lieu de dix, c'est comme si l'artillerie avait été doublée. Tel est l'intéressant problème dont M. le capitaine Letourneur s'est proposé la solution.

» Les mouvements propres du vaisseau exigent que l'artillerie soit maintenue par certains cordages appelés *bragues,* et ayant pour objet spécial de limiter le recul de la pièce. Dans la méthode usuelle, après que le canon a fait feu, on le remet au sabord avec des palans disposés pour cet usage; la pièce ensuite est rechargée en dehors du vaisseau, et l'on conçoit que ces différentes manœuvres prennent non-seulement un temps considérable, mais emploient un grand nombre de servants; par la méthode proposée, au contraire, la pièce reste fixée au recul; on la charge en dedans du navire, et dès que le coup est tiré on la recharge immédiatement.

» Les premiers essais du service des canons à brague fixe, eurent lieu dans les mers de l'Inde par deux de nos plus habiles officiers de marine, MM. Duperré, aujourd'hui amiral de France, et Bouvet; mais si cette méthode de combattre est généralement reconnue pour très avantageuse, il s'en faut de beaucoup que les meilleurs esprits soient d'accord sur la manière d'installer ce service, et c'est là surtout que les expériences décisives de M. le capitaine Letourneur acquièrent une grande importance.

» La première question était d'examiner comment il convenait d'amarrer les canons, dans le tir accidentel à brague fixe, et quelle confiance il fallait accorder à cette méthode de combattre? L'auteur trouve :

» 1°. Que la brague et le palan de retraite raidis autant que possible, par les servants de la pièce, suffisent seuls, même après seize mois de campagne, pour maintenir la pièce dans ce tir beaucoup plus de temps qu'il n'en faut pour décider une action sérieuse ;

» 2°. Que ce moyen de combat à outrance mérite une grande confiance, d'abord parce qu'il ne fatigue pas outre mesure le gréement des pièces; ensuite par ce qu'il permet de tirer à peu près deux fois plus vite; enfin, parce que, en cas d'urgence, on peut exécuter ce tir avec 4 hommes au lieu de 12.

» La deuxième série d'expériences avait pour objet de déterminer quelle était la longueur convenable à donner aux bragues, pour allier à la fois, au

plus haut degré, tous les avantages possibles du tir à brague courante et de celui à brague fixe? Deux solutions résolvent cette question : l'une est appelée *à brague minimum*, l'autre *à brague maximum*. La première longueur permet tout juste à la pièce de tomber à la serre, par le seul effet du raidissement du palan de retraite, la pièce étant placée perpendiculairement au sabord ; la seconde a de plus la quantité de filin nécessaire pour faire un *tour-mort* au bouton de culasse. Cette disposition convient à toutes les pièces non gênées; et quoiqu'elle soit un peu plus compliquée, puisqu'elle exige, dans le passage d'un tir à l'autre, qu'on fasse ou qu'on décapèle ce *tour-mort*, elle présente plusieurs dédommagements, et peut en un mot suffire à tout.

» Mais après avoir fixé la longueur la plus convenable des bragues, il fallait aussi décider par expérience quels étaient les meilleurs amarrages qui dussent les fixer à la muraille du vaisseau. Ces questions, d'une haute importance, méritent d'autant plus de fixer l'attention de l'Académie, qu'il existe là-dessus un doute fatal, même chez quelques marins instruits.

» L'amarrage n'est au fond que le nœud destiné à retenir l'extrémité d'un cordage, de manière à ce qu'il ne se défasse pas de lui-même et ne glisse pas, là où il doit être invariablement lié; aussi la manière de faire les nœuds, ou, comme disent les marins, *les amarrages*, est-elle une partie essentielle et difficile de l'art du gréement. M. Letourneur passe en revue diverses méthodes d'amarrages, telles que l'épissure sur cosse, le nœud de hauban, les portugaises maintenues par des pommes, l'amarrage en étrive, le nœud d'étai simple, avec trois amarrages plats ou trois portugaises, et l'amarrage à cul-de-porc maintenu par des chappes. L'auteur énumère les avantages et les inconvénients de ces divers amarrages, et donne la préférence pour la fixation des bragues, aux culs-de-porc, soit doubles, soit simples, avec tête de perdrix, et maintenus par une portugaise double de six tours sur sept; il montre la supériorité de ce système et l'économie qu'il offre sur tous les autres, l'épissure seule exceptée, qui ne saurait convenir dans le cas particulier qui nous occupe.

» Les expériences faites à bord de *la Terpsichore* confirment celles qui eurent lieu à Brest sous les yeux mêmes de M. Letourneur, lorsqu'il était président de la Commission spéciale chargée par le Ministre d'éprouver, à l'aide de la presse hydraulique, la résistance des divers amarrages employés aux manœuvres dormantes des vaisseaux.

» Il résulte en effet de cet important travail :

» 1°. Que l'amarrage avec épissure sur cosse est le meilleur de ceux que nous ont légués nos pères. Souvent on a vu rompre le filin avant que le nœud manquât lui-même.

» 2°. Bien que l'amarrage de hauban ait acquis, par un long et bon usage, une confiance méritée, il convient de le rejeter cependant comme inférieur à plusieurs autres, tels que l'épissure sur cosse et surtout que l'amarrage à cul-de-porc, maintenu par des chappes.

» 3°. On pourrait appliquer à l'amarrage avec demi-clé, à peu près tout ce que nous venons de dire sur celui de hauban; et néanmoins il est juste d'ajouter que celui-ci détériore le filin, dans la partie qui court dans le nœud; il supporte aussi un beaucoup plus grand effort.

» 4°. Le nœud d'étai simple, soit après trois amarrages plats, ou avec trois portugaises, n'offre aucune espèce de garantie.

» 5°. Les différents essais de l'emploi du cul-de-porc, surtout en y joignant des chappes en corde, ont prouvé l'excellence de cet amarrage; mais il ne faut pas se borner à préconiser sa supériorité, il convient de l'employer toujours soit à bord des vaisseaux, soit à terre dans toutes les machines où l'on fait usage de cordes.

» Le Mémoire de M. le capitaine Letourneur se termine par plusieurs tableaux détaillés, qui contiennent le résultat de ses expériences tant sur le tir à brague fixe que sur les amarrages. Il donne en outre un tableau spécial indiquant les différentes vitesses avec lesquelles peuvent être exécutés les différents tirs de guerre, par les diverses bouches à feu, tant à brague fixe qu'à brague courante.

» L'auteur dit aussi quelques mots des *hausses* et des *percuteurs* de M. le colonel Jure, instruments les plus parfaits que nous possédions en ce genre, et généralement adoptés dans la marine. M. Letourneur s'est assuré que ce percuteur donne quelquefois des ratés, mais il a reconnu par de nombreuses expériences que la hausse des canons était simple et bonne. Celle des caronnades aurait le même avantage si la *masse de mire* était plus solidement fixée sur le renfort de volée, ce qui ne semble pas très difficile à obtenir. Il serait digne de M. le colonel Jure, qui a rendu par ses inventions un si grand service à la marine, de perfectionner lui-même cette importante installation.

» Votre Commission pense que, dans le Mémoire dont nous venons de rendre compte, M. le capitaine T.-M. Letourneur a donné de nouvelles preuves de son zèle pour le perfectionnement de l'art nautique et de son aptitude à en cultiver avec succès les diverses branches; elle vous propose

d'accorder votre approbation à son dernier Mémoire et d'inviter l'auteur à poursuivre ses utiles et intéressantes recherches. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE. — *Expériences concernant l'influence de l'air et de ses éléments, l'oxigène et l'azote, sur l'infusion du* Polygonum tinctorium; *par* M. COLIN.

« Il résulte des essais de l'auteur que la matière bleue du *Polygonum tinctorium* se précipite dans l'azote plus rapidement que dans l'air, et que c'est dans l'oxigène que la précipitation de cette matière est la plus tardive.

» Dans deux essais où figuraient l'oxigène pur et l'oxigène atmosphérique, ce gaz a été absorbé et il s'est dégagé, en acide carbonique, un peu moins de la moitié du volume du gaz mis en expérience; l'azote de l'air s'est présenté en même quantité, après comme avant l'essai.

» Dans l'expérience faite avec l'azote pur, ce gaz a été retrouvé en entier; seulement il était mêlé d'un peu moins de la moitié de son volume de gaz acide carbonique. En sorte que la précipitation de la matière bleue a paru se faire d'autant mieux qu'il y avait moins d'oxigène en présence, ce qui s'écarte des idées généralement reçues.

» En résumé, dans ces recherches, l'azote n'a point été absorbé; l'oxigène l'a été complétement, et il y a eu constamment émission d'acide carbonique. La production d'indigo a été d'autant plus facile qu'il y a eu moins d'oxigène.

» Ainsi, l'oxigène ne paraît pas nécessaire à la formation de l'indigo du *Polygonum tinctorium*, et en second lieu, l'indigo semble exister dans la plante, dans un état tel, qu'il exige, pour sa manifestation, la destruction ou la séparation de quelque principe avec lequel il y serait combiné.

» Il est à remarquer aussi que lorsqu'on laisse dans la macération les feuilles qui ont servi à la faire, outre l'acide carbonique et l'azote, il se dégage une quantité de gaz hydrogène telle, qu'elle peut varier, selon les circonstances du quart à la moitié de la totalité du gaz dégagé. »

(Commissaires, MM. Dumas, Robiquet, Pelouze.)

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ASTRONOMIE. — *Sur les variations séculaires des angles que forment entre elles les droites résultant de l'intersection des plans des orbites de Jupiter, Saturne et Uranus; par* M. **Joseph Liouville.**

(Commissaires, MM. Biot, Savary.)

« Les plans actuels des orbites des trois planètes supérieures, Jupiter, Saturne et Uranus, se coupent suivant des droites OA′, OA″, OA, qui font entre elles de très petits angles V, V′, V″. Cette remarque, faite depuis long-temps, donne lieu à une question intéressante. En effet, si les planètes n'étaient soumises qu'à l'action du soleil, les angles V, V′, V″ seraient invariables; mais en ayant égard aux effets produits par l'attraction mutuelle de Jupiter, Saturne et Uranus, abstraction faite des autres planètes que l'on peut négliger ici à cause de leur petitesse et de leur éloignement, il est clair que les angles V, V′, V″ varieront avec le temps. On peut donc se demander si, dans un grand nombre de siècles, ces angles seront encore très petits, ou si au contraire ils auront éprouvé des accroissements considérables. Telle est la question que je me propose de résoudre ici par une méthode simple et directe...... »

MACHINES. — *Évolueur, ou machine destinée à exécuter à bord toutes les manœuvres où le navire étant sans air, le gouvernail ne gouverne pas; et notamment à forcer un bâtiment à virer de bord, vent devant, à le faire appareiller à volonté sur tel bord déterminé, et à le contraindre à arriver quand il est engagé, ainsi que lorsqu'il masque ou qu'il fait chapelle près d'un autre navire sur la côte, ou aux environs d'un danger; par* MM. de **Bonnefoux**, capitaine de vaisseau, et **Painchaut**, mécanicien, tous deux résidant à Brest.

(Commissaires, MM. Ch. Dupin, Freycinet, Gambey.)

M. **Anet** adresse un Mémoire sur *l'effet des couples.*

(Commissaires, MM. Poinsot, Poncelet, Coriolis.)

CORRESPONDANCE.

Pile voltaïque d'une grande énergie électro-chimique; par M. W.-Grove (*).

« L'illustre Volta, après avoir découvert que deux métaux et un liquide donnaient lieu à un dégagement d'électricité, remarqua aussi que deux liquides et un métal étaient capables de produire un semblable effet. Sir Humphry Davy, en poursuivant cette idée, construisit plusieurs piles de cette dernière espèce, piles dont il nous a donné les détails dans ses *Eléments de Chimie;* dans toutes ces piles, cependant, les liquides n'étant séparés que très imparfaitement, n'ont pas conduit à des résultats très utiles. Afin de séparer les liquides dans la cellule d'opération de la batterie voltaïque, c'est-à-dire dans la cellule qui contient les électrodes, M. Porret employait une vessie. M. Becquerel a été le premier à se servir de celle-ci dans les cellules excitantes de l'auge, et par ce moyen, il nous a donné le pouvoir de produire un courant constant en empêchant la précipitation mutuelle des métaux. Avec une autre forme de diaphragme, c'est-à-dire avec de l'argile humectée, M. Becquerel a produit ces résultats extraordinaires de cristallisation si universellement connus et d'une si grande importance. M. Daniell aussi, par le moyen du diaphragme poreux, a beaucoup amélioré la construction des batteries voltaïques.

» Depuis quelque temps je me suis servi d'un diaphragme poreux comme moyen d'étudier les courants voltaïques, et je l'ai appliqué avec succès à l'explication d'un phénomène que jusqu'ici l'on n'a pas prouvé être électrique : je parle de la dissolution rapide de l'or dans l'acide nitro-muriatique (l'eau régale), dissolution qui ne peut s'effectuer dans aucun des deux acides séparés. Il me semble que les expériences suivantes ne laissent aucun doute sur la nature électrique de ce phénomène.

» 1°. Au fond d'un petit verre, je mastiquai la tête d'une pipe à fumer ordinaire; dans celle-ci, je versai de l'acide nitrique pur, et en même temps de l'acide hydro-chlorique dans le verre, au même niveau; dans ce dernier acide deux morceaux de feuille d'or furent laissés pendant une heure; à la fin de ce temps les feuilles étaient aussi brillantes qu'au moment d'être trempées; alors un fil d'or fut placé de manière à ce qu'il

(*) Extrait par M. *Becquerel*, qui a présenté la pile de M. *Grove* à l'Académie.

touchât en même temps l'acide nitrique et l'extrémité d'une des feuilles d'or; la feuille touchée fut de suite dissoute, tandis que l'autre ne fut pas attaquée.

» 2°. L'expérience fut faite en sens inverse; mais on rencontra quelque difficulté, attendu que l'or ne pouvait rester assez long-temps dans l'acide nitrique sans être attaqué, en raison de la présence du gaz nitreux; cependant le résultat était assez satisfaisant pour établir que le contact ne produisait aucun effet sur l'or qui était dans cet acide, l'or du côté de l'acide hydro-chlorique étant toujours dissous.

» 3°. J'établis la communication avec un fil de platine au lieu d'un fil d'or; l'effet fut toujours le même.

» 4°. L'extérieur de la pipe fut recouvert d'une feuille d'or sur presque toute sa surface; une feuille d'or fut placée dans l'acide hydro-chlorique comme avant; et quand la communication avec l'acide nitrique fut établie, cette feuille fut dissoute, tandis que celle qui recouvrait la surface de la pipe n'était pas détériorée.

» 5°. Je colorai l'acide nitrique avec un peu de tournesol; quand la communication fut établie, je ne pus m'apercevoir que l'acide hydro-chlorique eût pris la moindre couleur.

» 6°. Je me servis du nitrate de cuivre au lieu de l'acide nitrique; l'effet fut semblable, mais la dissolution d'or se fit plus lentement, et je ne vis aucun précipité sur le métal négatif.

» 7°. Je plongeai dans de l'acide hydro-chlorique deux feuilles d'or en communication chacune avec un des éléments d'un corps voltaïque; l'acide fut décomposé et la lame positive fut dissoute.

» Toutes ces expériences indiquent qu'aussitôt que le courant électrique, résultant de la réaction des deux acides l'un sur l'autre à travers le diaphragme, est établi, les deux acides sont décomposés : l'hydrogène de l'acide hydro-chlorique s'unit avec une portion de l'oxigène de l'acide nitrique, et le chlore attaque l'or. Dans tous ces expériences, les courants ont été reconnus avec un galvanomètre, et dans chaque cas, l'or dissous représentait l'élément zinc d'une combinaison voltaïque ordinaire; la plus grande déviation de l'aiguille fut obtenue avec le platine, l'or et les deux acides. En réfléchissant sur ces actions, il m'est venu à l'idée que puisque l'or, le platine et ces deux acides produisaient un courant électrique si puissant, *à fortiori* le même arrangement, en substituant le zinc à l'or, devait former une combinaison plus puissante que toutes celles qui sont déjà connues; je ne tardai pas à soumettre cette idée à l'expérience, et

j'obtins le succès le plus complet: une seule petite paire consistant en une lame de zinc amalgamé, longue d'un pouce, large d'un quart de pouce; un cylindre de platine de trois quarts de pouce de hauteur, puis la tête d'une pipe à fumer et un petit verre, formaient un élément voltaïque qui décomposait facilement l'eau acidulée avec l'acide sulfurique. Dans cette combinaison, l'action est constante, et il n'y a pas de précipité sur l'un ou l'autre métal; elle offre le grand avantage d'utiliser l'action de l'acide nitrique le plus concentré.

» J'essayai le même arrangement en remplaçant l'acide muriatique par de la potasse caustique qui m'était indiquée par la belle expérience de M. Becquerel; l'action fut également puissante. (Dans ce cas, comme on n'est pas obligé d'amalgamer la surface du zinc, je préférerais cet arrangement, s'il n'y avait pas une objection insurmontable que voici : le nitrate de potasse cristallisant dans les pores de la faïence, la fend; ainsi, à moins qu'on ne puisse découvrir une nouvelle espèce de diaphragme qui puisse supporter l'action des acides concentrés, il faudrait abandonner cette combinaison.) Je chargeai alors l'appareil avec de l'acide nitrique concentré et de l'acide sulfurique étendu de 5 ou 6 parties d'eau; le courant était presque de la même intensité qu'avec l'acide muriatique concentré; ainsi il y avait grande économie et pas le moindre danger pour le platine. Il faut cependant que l'acide nitrique soit toujours concentré, car dès l'instant que cet acide a perdu une quantité de son oxigène telle que l'hydrogène, au lieu d'être absorbé, soit dégagé sur la surface du platine, l'action s'abaisse et n'est plus constante (*).

» On trouvera un grand avantage en se servant d'une cellule divisée par un diaphragme poreux, même dans les liquides où se trouvent les lames décomposantes. Par exemple, si l'on a besoin du gaz oxigène, l'électrode positive doit être mise dans l'acide sulfurique étendu, tandis que l'électrode négative est placée dans l'acide nitrique concentré. Si l'on a besoin de chlore, on substitue l'acide hydro-chlorique à l'acide sulfurique; si l'on a besoin de gaz hydrogène, les deux électrodes sont mises dans l'acide hydro-chlorique étendu, l'électrode positive étant de zinc amalgamé, etc., etc. Par ces moyens, et avec une petite pile de la construction que je vais indiquer, un voyageur peut porter dans sa poche un laboratoire électro-chimique.

(*) J'ai donné mes idées sur l'action des piles de quatre éléments dans le *Magasin philosophique* pour février 1839, elles sont entièrement confirmées par ces expériences.

» J'ai fait arranger une pile ronde n'ayant que 4 pouces de diamètre et 1 pouce $\frac{1}{4}$ de hauteur. Cette pile consiste en 7 très petits verres avec 7 têtes de pipes; elle a en tout 20 pouces carrés de surface métallique, et donne à peu près 1 pouce cube de gaz par 2 minutes; ainsi elle rivalise avec les piles ordinaires de 50 ou 60 plaques. »

PALÉONTOLOGIE. — *Extrait d'une Lettre de* M. LUND, *écrite de Lagoa-Santa* (Brésil), *le* 5 *novembre* 1838, *et donnant un aperçu des espèces de mammifères fossiles qu'il a découvertes au Brésil* (*).

« ..... Depuis cinq ans que je suis arrivé au Brésil, je n'ai cessé de m'occuper d'une manière spéciale de l'étude des animaux vertébrés fossiles qui abondent dans les cavernes. Vous en aurez une idée lorsque je vous dirai que dans la seule classe des mammifères j'ai déjà réuni plus de 75 espèces distinctes appartenant à 43 genres, c'est-à-dire un nombre égal en espèces et supérieur en genres aux animaux qui habitent actuellement les mêmes contrées.

» Je ne vous entretiendrai pour le moment que de ces mammifères, vous promettant pour une époque prochaine des observations du même genre relatives aux oiseaux, etc.

» La partie du Brésil dont j'ai étudié avec tout le soin dont je suis capable les cavernes, est comprise entre les rivières Rio das Velhas, un des confluents du Rio de S. Francisco, et le Rio Paraopeba. Ce pays forme un plateau élevé de 2000 pieds au-dessus du niveau de la mer et est parcouru dans son milieu par une chaîne de montagnes haute seulement de 300 à 700 pieds. Cette chaîne est formée par un calcaire secondaire stratifié en couches horizontales et ayant tous les caractères du zechstein et du höhlenkalkstein des Allemands (calcaire à cavernes). Elle est entièrement criblée de cavernes et traversée dans toutes les directions de fentes, dont l'intérieur est plus ou moins rempli d'une terre rouge identique avec la terre rouge qui forme la couche superficielle du pays.

» Cette couche, qui varie de 10 à 50 pieds d'épaisseur, couvre indistinctement et sans interruption les plaines, les vallées, les collines et jusqu'aux pentes douces des plus hautes montagnes. Elle consiste principalement en argile renfermant des couches subordonnées de gravier et de cailloux de quartz. Souvent elle est ferrugineuse au point que les parti-

(*) Extrait par M. *Victor Audouin* à qui la *Lettre* de M. Lund est adressée.

cules de fer se transforment en un minerai de fer pisolithique semblable à celui qui remplit les fentes du Jura.

» La terre qui comble plus spécialement ces cavernes a subi quelques modifications par suite de son introduction et de son séjour dans ces réduits : 1° elle renferme des fragments anguleux ou roulés de la roche calcaire; 2° elle est rendue plus dure par des particules de chaux déposées dans son intérieur par les eaux qui, chargées de cette substance, filtrent à travers les fentes de la roche; 3° enfin elle est imprégnée de salpêtre, substance qui la fait exploiter par les habitants du pays.

» C'est dans cette terre que gisent les ossements fossiles; ils y sont déposés pêle-mêle. Ces ossements sont très fragiles, très blancs dans leur cassure et fortement adhérents à la langue. Souvent ils sont pétrifiés, plus souvent encore changés en spath calcaire. Ordinairement ils sont cassés, écrasés ou mutilés de différentes manières; enfin ils portent très fréquemment des empreintes de dents qui ne permettent pas de douter que les animaux auxquels ils ont appartenu n'aient été entraînés par des animaux féroces qui habitaient autrefois ces cavernes. Ceux des animaux plus grands y ont été introduits par différents mammifères carnassiers; ceux des plus petits par une espèce d'oiseau diurne dont je vous parlerai dans la suite.

» Au contraire, à l'époque actuelle aucun animal féroce de la classe des mammifères ne fait dans ce pays son séjour dans les cavernes, aucun n'y accumule des amas d'os comparables à ceux que l'on voit dans les terrains diluviens; on trouve tout au plus dans les excavations modernes des ossements de petits animaux jonchés à leur surface et qui ont servi de proie à un oiseau nocturne, l'Effraie du Brésil (*Strix perlata*, LICHT.).

» Jusqu'ici je suis parvenu, comme je vous l'ai dit, à rétablir 75 espèces distinctes de mammifères fossiles. Ce nombre vous paraîtra considérable, surtout si, comme je le suppose, vous n'avez eu aucune communication de mes recherches. Je ne les ai encore fait connaître qu'à l'Académie royale des Sciences de Copenhague; mais je serai très flatté si vous voulez bien en dire quelques mots à votre illustre Académie.

Liste des Mammifères fossiles du bassin du Rio das Velhas, recueillis par M. LUND, *avec un extrait de quelques-uns des caractères qui les distinguent.*

Famille des *EDENTATA.*

» M. LUND signale d'abord un *Myrmecophaga* de la taille d'un bœuf (*Myrm. gigantea*).

Famille des *Effodientia*.

» Il fait connaître ensuite :

» 1°. Deux *Dasypus;* une espèce voisine du *D. Octocinctus,* mais à museau plus court, et une autre espèce du même genre deux fois plus grande que les espèces vivantes, à écusson de la cuirasse profondément ponctué (*D. punctatus*).

» 2°. *Xenurus,* Wagl. Une espèce voisine du *X. nudicaudis,* espèce vivante établie par M. Lund.

» 3°. *Euryodon,* Lund, genre perdu de Tatou, caractérisé par les dents comprimées transversalement; M. Lund ne connaît qu'une seule espèce, de la taille d'un petit cochon.

» 4°. Un *Heterodon,* Lund, autre genre éteint de la même famille, se distinguant de tous les Tatous vivants par la proportion de ses dents : l'espèce qui a servi de type était de la taille d'un lapin.

» 5°. Un *Chlamydotherium,* Lund, nouveau genre, encore de la famille des Tatous, dont l'auteur a étudié presque toutes les parties du squelette, et qui est fort intéressant en ce qu'il établit des liaisons entre les divers groupes de Tatous vivants, et aussi par les affinités qu'il présente avec la famille des Paresseux. M. Lund en précise très nettement les caractères.

» Le Chlamydotherium représente en grand le genre *Euphractus,* Wagl. (l'*Encoubert,* Buffon). M. Lund en connaît deux espèces: l'une, qu'il dédie à M. de Humboldt, était de la taille d'un Tapir; l'autre, qu'il nomme *Giganteum,* égalait par sa taille les plus grands *Rhinocéros*.

» 6°. Un *Hoplophorus,* genre très extraordinaire par les proportions lourdes de ses espèces, par leur taille gigantesque ainsi que par la singulière combinaison de différents types d'organisation; cependant leurs caractères les rapprochent de plus en plus de la famille des Paresseux. Ces animaux singuliers étaient armés d'une cuirasse qui couvrait toutes les parties du corps en-dessus, et qui était composée de petits écussons hexagones excepté sur le milieu du corps où les écussons prenaient une forme carrée et venaient se ranger en bandes transversales immobiles. Les os du tronc ainsi que les grands os des extrémités sont encore très semblables à ceux des Tatous et particulièrement à ceux des Cachicames; mais les os qui composent les pieds présentent un tel raccourcissement et un aplatissement si considérable des faces articulaires, qu'on ne voit rien de semblable dans aucun squelette d'animal, et qu'on ne conçoit pas comment de tels pieds pouvaient servir à creuser la terre : aussi la forme des dents indique-t-elle que

ces animaux bizarres n'ont pu se nourrir que de substances végétales, et on doit supposer qu'ils paissaient à la manière des grands Pachydermes. Quoi qu'il en soit, les Hoplophorus, dont M. Lund distingue deux espèces, présentent cette particularité que leur arcade zygomatique est munie d'une branche descendante, caractère regardé jusqu'ici comme exclusivement propre aux Paresseux. Ces deux espèces avaient l'une et l'autre la taille d'un bœuf. Des fragments de ces squelettes ont été déjà décrits par MM. Weis et Dalton, de Berlin.

» Enfin, M. Lund a trouvé des fragments appartenant à un genre voisin du précédent, et auquel il assigne le nom de *Pachytherium*. Ses proportions seraient encore plus lourdes, et sa taille plus grande. Il nomme cette espèce *Pachytherium magnum*.

Famille des *Bradypoda*.

» M. Lund est ainsi conduit à la famille des Paresseux, qui, à l'époque antédiluvienne, jouait dans ces contrées un rôle fort important par le nombre et la variété de ses formes ainsi que par la grande taille qu'atteignaient ses espèces.

» Le premier genre dont il s'occupe est celui du *Megalonyx;* il se lie encore aux Tatous par les plaques osseuses qui garnissaient une partie de son corps; mais ces plaques, bien que d'une grosseur démesurée, et loin de former une cuirasse continue comme chez les Tatous, étaient séparées les unes des autres par de grands intervalles.

» Le Megalonyx montre les plus grands rapports avec le Megatherium, principalement dans la structure et la composition des pieds, mais ceux de derrière présentent la même torsion que les pieds du *Bradypus tridactylus*, quoique provenant d'une cause différente.

» Chez l'Aï cette torsion est produite par le mode particulier de l'articulation de la jambe avec l'astragale; chez le Megalonyx, d'après M. Lund, cette articulation se ferait de la manière ordinaire, et c'est la face carpienne de ce dernier os qui par sa conformation anomale entraînerait la contorsion du plan de tout le reste du pied.

» Les molaires, au nombre de cinq en haut et de quatre en bas, sont dépourvues de racines comme chez les animaux de l'ordre des édentés; par là elles diffèrent de celles du *Megatherium*, qui sont décrites comme ayant deux racines.

» Les Megalonyx étaient pourvus d'une queue excessivement forte et probablement prenante, ce qui, joint à la contorsion du plan des pieds

de derrière et à l'énorme longueur de leurs ongles, doit faire croire, dit M. Lund, que ces animaux, malgré l'énorme poids de leur corps, étaient destinés à grimper, comme leurs analogues dans la création actuelle.

» Ce genre paraît avoir été très riche en espèces; M. Lund en distingue déjà cinq; l'une d'elles, le M. *Cuvierii*, avait la taille d'un très fort bœuf, et ce n'était pas l'espèce la plus grande.

» A côté des Megalonyx, se placerait un nouveau genre sous le nom de *Sphenodon*, qui avait la taille d'un cochon.

» Plus près des Paresseux encore viendrait se ranger un nouveau genre que M. Lund désigne sous le nom de *Coclodon* et qui renferme une espèce.

» Revenant sur les animaux qu'il vient d'énumérer et qui sont compris dans l'ordre des Brutes ou des Édentés de Cuvier, M. Lund fait observer :

» 1°. Que le famille des Fourmiliers proprement dits, celle des Tatous et celle des Paresseux qui, à l'époque actuelle sont particulières à l'Amérique, s'y trouvaient aussi à l'époque qui a précédé;

» 2°. Qu'alors, ces mêmes familles étaient exclusivement propres à cette partie du monde comme elles le sont à l'époque actuelle, et que ce qui le donne à penser c'est qu'aucune espèce de ces trois familles n'a été trouvée jusqu'ici dans les terrains diluviens des autres parties du monde ;

» 3°. Que ce grand ordre des Édentés était alors plus nombreux, tant en genres qu'en espèces, qu'aujourd'hui;

» 4°. Que la plupart de ces genres de mammifères qui peuplaient autrefois le pays ont disparu;

» 5°. Que tout ce qui était espèce a été anéanti, deux espèces seules offrant de l'affinité, mais non une identité parfaite avec les espèces vivantes;

» 6°. Enfin, que les animaux de cet ordre atteignaient à cette époque des dimensions beaucoup plus considérables que celles qu'ils présentent actuellement.

» La famille des Paresseux a disparu aujourd'hui entièrement dans le bassin de Rio das Velhas, ce qui s'expliquerait par le manque de forêts vierges, tout ce pays étant occupé par la forme de végétation appelée, par les Brésiliens, *campos*. Il est probable qu'à l'époque où vivaient ces grands animaux il en était autrement et que la contrée se trouvait alors couverte de forêts immenses; au reste tout porte à croire qu'ils menaient le même genre de vie que leurs analogues de la création actuelle, c'est-à-dire que malgré les dimensions colossales de leurs corps ils cherchaient leur nourriture dans les arbres.

Famille des *Pachydermata*.

» La famille des Pachydermes était plus nombreuse dans ces temps qu'elle ne l'est aujourd'hui. M. Lund mentionne une espèce de Tapir, quatre espèces de Pécaris *(Dicotyles)*, et de plus un Mastodon dont la taille égalait un éléphant.

Famille des *Ruminantia*.

» La famille des Ruminants, qui dans ce pays est représentée par l'unique genre des Cerfs, offrait à cette époque ancienne, outre ce genre cerf dont on rencontre deux espèces fossiles, un Antilope et deux types génériques qui n'ont pas leur analogue; on les a distingués sous les noms d'Auchenia et de Leplotherium. M. Lund connaît dans chacun de ces genres deux espèces.

Famille des *Feræ*.

» La famille des Carnassiers n'était pas moins nombreuse ni moins variée, dans ces temps, que la famille des Ruminants. Il existait trois espèces de Felis, deux espèces de Canis, un ours et, ce qui est remarquable, une espèce appartenant au genre *Cynailurus* de Wagler ou *Guepardus* de M. Duvernoy qui est particulier à l'ancien monde et qui, à cette époque, se trouvait dans le nouveau. M. Lund cite aussi un Chacal qui constituerait un nouveau genre sous le nom de Speothos, une espèce du genre Coati, une autre du genre *Eirara;* enfin, ce qui serait bien remarquable, une Hyène, qu'à son grand étonnement, il a trouvée avec des restes de Pacas, d'Agoutis, de Pécari, de Megalonyx et autres formes américaines. L'espèce qu'il nomme *H. Neogæa* égalait par sa taille les plus grandes espèces d'hyènes vivantes.

Famille des *Marsupialia*.

» Les dépôts diluviens des cavernes du Brésil sont remplis de débris de marsupiaux du genre Sarigue, parmi lesquels on distingue sept espèces dont cinq montrent plus ou moins d'analogie avec des espèces vivantes de cette contrée, tandis que les deux autres n'offrent avec elles aucun trait de ressemblance.

» A côté des Sarigues vient se placer un nouveau genre qui annonce avoir eu la taille du Jaguar et semble représenter les grandes espèces de Dasyures de la Nouvelle-Hollande. M. Lund lui donne le nom de *Thylacotherium*.

Famille des *Glires*.

» La famille des Rongeurs ne se faisait pas moins remarquer que les familles précédentes par la variété des formes et par la grande taille des espèces. M. Lund cite et décrit, dans cette seule famille, vingt-une espèces dont plusieurs constituent des genres nouveaux; il annonce qu'il possède un très grand nombre de restes fossiles qu'il n'a pas encore eu le loisir d'étudier en détail.

» Toutes les familles que M. Lund a parcourues jusqu'ici ont montré, pour l'époque antédiluvienne, une supériorité de nombre dans les especes, et surtout dans les genres. Cette supériorité cesse pour les deux familles qui restent à passer en revue, celle des Chéiroptères et celle des Singes.

Famille des *Cheiroptera*.

» Quant aux Chéiroptères, dit M. Lund, ce n'est que depuis très peu de temps que je suis parvenu à en découvrir de faibles restes parmi les milliers d'ossements de petits animaux renfermés dans les dépôts de quelques cavernes. Les amas d'os modernes qui se trouvent souvent dans les cavernes, et qui dérivent, comme je l'ai fait observer plus haut, de restes d'animaux entraînés par l'Effraie (*Strix perlata*) contiennent les os de Chéiroptères en plus grand nombre, et l'on serait tenté d'en conclure que cette famille était réellement moins nombreuse dans les temps anciens qu'elle ne l'est actuellement. Cependant comme plusieurs circonstances me font croire que l'auteur des amas des petits ossements fossiles était un oiseau de proie diurne, cela explique, comme je le démontrerai plus tard, pourquoi les ossements des animaux de la famille dont il s'agit y sont plus rares que dans les amas d'os modernes.

Famille des *Simiæ*.

» L'existence des singes, à des époques antérieures à l'ordre de choses actuel, était un fait encore nouveau pour la science lorsque je découvris, au mois de juillet 1836, les premiers restes fossiles d'un animal de cette famille. Depuis lors j'ai appris qu'on a constaté leur présence en Europe et en Asie. Je possède des ossements fossiles de deux espèces de cette famille, dont l'une qui ne peut entrer dans aucun des genres existants atteignait la hauteur de quatre pieds (*Protopithecus brasiliensis*); l'autre se rapproche beaucoup du genre Callithrix dont elle surpasse par une hauteur de plus du double les espèces aujourd'hui vivantes (*Callithrix primævus*).

» Je termine en faisant observer que je n'ai jusqu'ici trouvé aucun vestige de l'existence de l'homme à cette époque.

» Cet aperçu rapide nous fait voir que la zone torride de notre globe, loin d'avoir été inhabitée à l'époque qui précéda l'ordre de choses actuel, offrait au contraire une création animale plus abondante, plus variée et plus gigantesque que celle qu'elle nourrit aujourd'hui.

» Nous voyons ensuite que l'Amérique méridionale possédait à cette époque les mêmes formes animales qui la caractérisent aujourd'hui : les *Fourmilliers*, les *Tatous*, les *Pécaris*, les *Coatis*, les *Sarigues*, les *Rats-épineux*, les *Coendous*, les *Agoutis*, les *Pacas*, les *Capivars* et autres. Mais malgré cette analogie dans le type général, il paraît que les espèces de ces deux époques sont différentes; au moins M. Lund ne connaît jusqu'ici qu'une seule exception à cette règle (*Loncheres elegans*).

» Si nous combinons, dit en terminant M. Lund, ce fait avec les faits géologiques exposés plus haut, si nous nous rappelons que tout le pays dont il s'agit ici, élevé de 2000 pieds au-dessus du niveau de la mer, est couvert d'une couche continue et très puissante de terrains meubles qui s'étend indifféremment et sans aucune interruption sur les plaines, les vallées et les collines, et qui ne manque pas même sur les plateaux et les pentes douces des plus hautes montagnes (5000 à 6000 pieds), si nous considérons que ce terrain contient des couches sous-ordonnées de gravier et de cailloux qui remplissent toutes les fentes et cavernes des roches calcaires; et qu'enfin il renferme de nombreux restes d'animaux différents de ceux qui aujourd'hui peuplent la surface de ce pays; si, dis-je, nous combinons ces faits, nous ne pourrons nous refuser à y voir les preuves les plus irrécusables d'une grande irruption des eaux qui, couvrant toute cette partie du globe, mit un terme à l'existence des êtres qui la peuplaient. »

M. **Alcide d'Orbigny** prie l'Académie de vouloir bien nommer une Commission à laquelle il soumettra les documents relatifs au débat qui s'est élevé entre lui et M. *Bowring*, au sujet de la carte qu'il a donnée du lac de Titicaca.

La Commission nommée à cet effet est composée de MM. Arago, Cordier, de Freycinet, Savary.

machines. — M. **Pecqueur** annonce qu'une machine à vapeur à rotation directe, de son invention, est établie dans ses ateliers. Elle est armée du

frein de M. de Prony, et l'on peut dès à présent en mesurer les effets. Il prie l'Académie de nommer une Commission pour assister aux expériences et en constater les résultats dans un rapport.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Coriolis, Séguier, désignés déjà pour examiner la machine de M. *Pelletan*.)

MACHINES. — M. **Castels** adresse la description d'une machine à colonne d'eau, à simple effet.

(Renvoyée aux Commissaires déjà nommés pour examiner la *colonne oscillante* de M. de Caligny.)

M. **Joseph Samuel** adresse une Note sur les moyens d'aérer les ateliers.

(Commissaires, MM. Gambey, Séguier.)

L'Académie se forme en comité secret à quatre heures trois quarts.

La séance est levée à six heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 14, in-4°.

Académie royale des Inscriptions et Belles-Lettres. — Funérailles de M. ÉMERIC DAVID; in-4°.

Résumé sur le Fluide nourricier, ses réservoirs et son mouvement dans tout le règne animal; par M. G.-L. DUVERNOY; in-8°.

Traité pratique du Pied-Bot; par M. VINCENT DUVAL; 1 vol. in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours Montyon.)

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée, sous la direction de M. ANATOLE DEMIDOFF; 2e liv. texte in-8°, et 1re liv. planches in-fol.

Loi universelle (attraction de soi pour soi); par M. le Ch. GEOFFROY SAINT-HILAIRE. — *Étude et analyse, par* M. MAXIME VERNOIS; brochure in-8°.

Études sur les Plantes indigofères en général et particulièrement sur le Polygonum tinctorium; *par* M. N. JOLY. (Extrait du *Bulletin de la Société d'Agriculture du département de l'Hérault;* janv. et fév. 1839.) Montpellier, 1839, in-8°.

Le Typhus ictérode (fièvre jaune), observé à Sainte-Lucie par M. le Dr LEVACHER (Extrait de *l'Expérience*); in-8°.

Le Pian, Epian, Yaws; par le même.

Compendium de Médecine pratique; par MM. ED. MONNERET et LOUIS FLEURY; in-4°.

Bulletin de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts de Limoges; tome 17, nos 1 et 2, in-8°.

Bulletin de l'Académie royale des Sciences de Bruxelles; séance du 2 fév. 1839, n° 2.

The nautical.... *Magasin nautique et chronique navale;* mars 1839, in-8°.

Sulle Conchiglie.... *Sur les Coquilles fossiles et sur Terrains de Lessona, etc., dans la province de Biella;* observations du professeur JEAN FLORIO. (Extrait du *Subalpin,* revue italienne.) Broch. in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 15, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 43—45, in-4°.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 93.

Gazette des Médecins praticiens; 1re année, n° 10.

La France industrielle; 6e année, n° 2.

L'Exposition, journal de l'Industrie et des Arts utiles; par M. LE BOUTEILLER; 3e liv. des 6 catégories, in-4°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AVRIL 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Note relative au Compte rendu *de la dernière séance; par* M. **Poisson**.

« Dans cette séance, j'ai prié M. *Cauchy* de dire si le mouvement dont il s'occupe maintenant à déterminer les lois, comprend à la fois la masse entière du fluide, ou bien s'il est renfermé à chaque instant dans une étendue d'une petite largeur, de telle sorte qu'au-delà et en-deçà le fluide soit rigoureusement en repos, ce qui constitue la condition essentielle qui doit être remplie, avant tout, dans la théorie des ondes lumineuses. Peut-être parce que je ne me serai pas assez clairement expliqué, notre confrère n'a pas répondu, d'une manière précise, à cette question, d'ailleurs très simple et très naturelle dans nos discussions.

» En parlant incidemment des expériences de Bouguer sur la proportion de la lumière réfléchie au passage d'un milieu à un autre, j'ai dit qu'elles ne s'accordaient pas toujours assez bien avec le résultat du calcul, pour servir de confirmation à la théorie, si toutefois on les regarde comme exactes. Ainsi, la formule à laquelle je suis parvenu, il y a déjà longtemps, pour exprimer cette proportion sous l'incidence perpendiculaire, et dont celle de M. Cauchy ne doit pas différer dans ce cas particulier,

donne, par exemple (1), 0,020 pour la lumière réfléchie au passage de l'air dans l'eau, et Bouguer a trouvé 0,018, ce qui s'en écarte, il est vrai, assez peu; mais, pour la lumière réfléchie en passant de l'air dans le verre, cette formule donne 0,046, tandis que Bouguer ne trouve qu'à peu près moitié de cette fraction, c'est-à-dire 0,025 de la lumière incidente.

» Je n'ai point encore étudié l'analyse de M. Cauchy, qui se rapporte à la réflexion sur les surfaces des corps opaques, et dans ce que j'ai dit, je n'ai voulu y faire aucune allusion. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Note sur la nature des ondes lumineuses et généralement de celles qui se propagent dans les systèmes de molécules; par* **M. AUGUSTIN CAUCHY.**

« Après avoir entendu la lecture de la Note insérée dans le dernier *Compte rendu*, M. *Poisson* a témoigné le désir que je donnasse quelques éclaircissements sur la nature de ce que j'appelle les vibrations et les ondes lumineuses. J'ai répondu que l'on pouvait considérer ces vibrations sous deux points de vue différents et à deux époques distinctes, savoir : 1°. en recherchant de quelle manière un mouvement, d'abord imprimé à l'éther, en un point de l'espace, donne naissance à des ondes terminées par des surfaces courbes, mais qui s'étendent bientôt de manière à pouvoir être, sans erreur sensible, confondues avec leurs plans tangents; 2°. en considérant les ondes déjà propagées et parvenues à une grande distance du centre d'ébranlement, par conséquent, des ondes planes, simples ou composées; et cherchant immédiatement la nature de celles qui se propagent dans un milieu isophane ou non isophane. J'ai ajouté que j'avais successivement considéré la question sous ces deux points de vue. Je l'ai traitée en effet sous ce double rapport, non-seulement dans les leçons que j'ai données en 1830 au Collége de France, mais aussi dans les divers Mémoires que j'ai publiés ou présentés à l'Académie. Je vais entrer à ce sujet dans quelques détails.

» Dans un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle, le déplacement d'une molécule, mesuré parallèlement à un axe fixe quelconque, est déterminé par une équation linéaire aux différences partielles qui renferme, avec le déplacement pris pour variable principale, les trois coordonnées x, y, z, et le temps t. Ainsi

---

(1) *Mémoires de l'Académie*, tome II, pages 380 et 381.

le calcul de ce déplacement dépend de l'intégration d'une équation linéaire à quatre variables indépendantes. D'ailleurs, en appliquant à une semblable équation la méthode d'intégration que j'ai donnée dans le 19ᵉ cahier du *Journal de l'École Polytechnique*, on obtient, pour représenter le déplacement d'une molécule, une intégrale définie sextuple, renfermant sous le signe $\int$ une exponentielle népérienne dont l'exposant est une fonction linéaire des variables indépendantes ; le coefficient du temps dans cet exposant étant lié aux coefficients des coordonnées par une certaine équation dont il doit être une racine. Cette dernière équation, ou plutôt celle qu'on en déduit en remplaçant les coefficients des variables indépendantes par ces variables mêmes, est ce que je nommerai l'*équation caractéristique*. J'appellerai son premier membre *fonction caractéristique*, et la surface que la même équation représente au bout du temps t, *surface caractéristique*.

» Lorsque la fonction caractéristique est homogène, l'intégrale sextuple se réduit à une intégrale quadruple, comme je l'ai montré dans un Mémoire présenté à l'Académie le 17 mai 1830, et inséré par extrait dans le *Bulletin des Sciences* du mois d'avril de cette même année. Si l'on considère en particulier le cas où, dans le premier instant, la variable principale, ayant toutes ses dérivées nulles, n'offre elle-même de valeur sensible que dans le voisinage de l'origine des coordonnées, cette variable principale n'aura plus de valeur sensible au bout du temps t, dans tout l'espace que terminera une certaine surface courbe dont j'ai appris à former l'équation dans le Bulletin déjà cité. Donc alors la propagation du mouvement dans l'espace donnera naissance à une onde sonore, lumineuse... terminée par la surface dont il s'agit. Cette surface est ce qu'on appelle *la surface des ondes*. Si au premier instant les dérivées de la variable principale cessaient d'être nulles, comme cette variable même, dans les points voisins de l'origine des coordonnées, alors, dans l'intérieur de la surface des ondes, la variable principale ne serait pas nulle, mais acquerrait une valeur constante qui pourrait différer de zéro.

» Si l'équation caractéristique, considérée comme propre à déterminer le temps t en fonction des coordonnées x, y, z, se décompose en équations du second degré, elle représentera le système de plusieurs ellipsoïdes, et la variable principale sera la somme de plusieurs parties dont chacune, vérifiant une équation aux différences partielles du second ordre, pourra être représentée par une intégrale double. Alors aussi la surface de l'un des ellipsoïdes étant prise pour surface caractéristique, la surface des

ondes curvilignes correspondante sera celle d'un second ellipsoïde tellement constitué que les rayons vecteurs des deux ellipsoïdes, multipliés par le cosinus de l'angle compris, fourniront un produit égal au carré du temps. Alors enfin, le mouvement, supposé d'abord circonscrit dans un très petit espace autour de l'origine des coordonnées, ne sera sensible au bout du temps t que dans le voisinage de la surface des ondes, et dans une zone terminée par deux autres surfaces que l'on pourra considérer, pour ainsi dire, comme parallèles à la première. Ces deux nouvelles surfaces sont les deux enveloppes, intérieure et extérieure, qu'engendrerait la surface des ondes, si, en rendant cette dernière mobile avec son centre, on faisait successivement coïncider ce même centre avec chacune des molécules primitivement déplacées ou mises en mouvement. Au bout du temps t, le système donné sera en repos, tant en avant qu'en arrière de la zone dont il s'agit. Les molécules situées en avant de la zone ne seront pas encore déplacées, et les molécules situées en arrière, c'est-à-dire entre la zone et l'origine des coordonnées, conserveront les déplacements qu'elles acquièrent au moment où la surface intérieure de la zone les atteint en vertu de son mouvement progressif.

» Nous avons ici supposé que la fonction caractéristique était homogène. C'est dans cette hypothèse seulement que la zone ci-dessus mentionnée conserve une épaisseur constante. Dans la supposition contraire, l'épaisseur de cette zone croît avec le temps, et quelquefois même se propage instantanément jusqu'aux dernières limites du système de molécules donné. C'est ce que l'on peut reconnaître à l'aide des considérations suivantes.

» Un déplacement moléculaire étant la variable principale d'une équation linéaire aux différences partielles, sera généralement représenté par une intégrale définie sextuple, renfermant sous le signe $\int$ une exponentielle népérienne dont l'exposant sera une fonction linéaire des variables indépendantes. Il sera donc la somme des valeurs que cette variable principale, considérée comme propre à représenter un déplacement symbolique, pourrait acquérir dans une infinité de mouvements simples superposés les uns aux autres. Donc les lois de mouvements infiniment petits quelconques des systèmes de molécules peuvent se déduire de la considération des seuls mouvements simples, et les ondes curvilignes peuvent être censées formées par la superposition d'une infinité d'ondes planes, du genre de celles dont nous nous sommes occupés dans les précédents Mémoires.

» Ce n'est pas tout. Si, au premier instant, le mouvement et les déplacements moléculaires se trouvent circonscrits dans un espace dont une ou plusieurs dimensions soient très petites, l'état initial du système de molécules pourra être également représenté par un système d'ondes planes initiales, superposées en nombre infini les unes aux autres, soit que l'on considère les ondes de chaque espèce comme s'étendant jusqu'aux dernières limites du système de molécules, soit que l'on réduise chaque onde à la portion de cette onde que renferme l'espace dont il s'agit. En attribuant aux ondes initiales une étendue indéfinie, on ne changerait rien aux données du problème, attendu qu'elles se neutraliseront partout les unes les autres, excepté dans l'espace dont nous avons parlé. Mais on arrivera plus facilement à reconnaître les lois de la propagation des mouvements infiniment petits, si chaque onde initiale est censée ne pas s'étendre au-delà de ce même espace. On parviendra ainsi aux résultats que nous allons indiquer.

» Supposons, pour fixer les idées, que le mouvement se trouve d'abord circonscrit dans un espace dont une seule dimension soit très petite, savoir, dans une tranche très mince, comprise entre deux plans parallèles situés à égales distances d'un plan invariable, passant par l'origine des coordonnées. Supposons d'ailleurs que, dans cette tranche, les déplacements et les vitesses initiales des molécules restent les mêmes pour tous les points situés à la même distance $\imath$ du plan invariable. L'état initial du système des molécules, dans la tranche dont il s'agit, pourra être considéré comme résultant de la superposition d'une infinité d'ondes planes, correspondantes à des longueurs d'ondulation diverses, mais dont les plans seront tous parallèles au même plan invariable; et, comme l'exposant de chaque exponentielle imaginaire pourra être réduit à une fonction linéaire de deux variables indépendantes, savoir, de la distance $\imath$ et du temps t, l'équation à laquelle devaient satisfaire les coefficients des variables indépendantes pourra être regardée comme établissant une relation entre le coefficient k de $\imath$ et le coefficient s de t. Ces coefficients n'offriront pas de parties réelles, si le mouvement se propage sans s'affaiblir, et alors ils seront réciproquement proportionnels, le premier à la longueur d'ondulation, le second à la durée des vibrations moléculaires, tandis que leur rapport Ω exprimera la vitesse de propagation d'une onde plane. De plus, suivant que l'équation dont il s'agit, résolue par rapport à s, fournira une ou plusieurs valeurs de s^2, considéré comme fonction de k, on verra correspondre à chaque longueur d'ondulation une ou plusieurs vitesses de propagation différentes.

Enfin, tandis que les longueurs d'ondulation des diverses ondes superposées pourront varier de zéro à l'infini, leurs vitesses de propagation pourront ou demeurer toutes égales entre elles, ou varier entre des limites finies, ou avoir pour limite inférieure une vitesse finie ou nulle, et pour limite supérieure une limite infinie. Dans le premier cas, la portion du système, primitivement ébranlée et représentée par une tranche très mince, se trouvera remplacée, au bout du temps t, par deux tranches semblables et de même épaisseur, situées de deux côtés opposés du plan invariable et à distances égales de l'origine des coordonnées. Ces deux tranches se mouvront en sens contraire, avec la vitesse de propagation Ω commune à toutes les ondes planes, et renfermeront, au bout du temps t, les seules molécules qui ne soient pas en repos. Alors en effet, il n'y aura pas encore de déplacements ni de mouvements produits dans tout l'espace situé en avant de chaque tranche, et il n'y en aura plus dans l'espace qui la suit. C'est ce qui arrive en particulier lorsque le son se propage dans l'air, et lorsque la lumière se propage dans le vide.

» Dans le second cas, c'est-à-dire lorsque les vitesses de propagation des ondes primitivement superposées, sans être toutes égales entre elles, sont renfermées entre des limites finies, la portion du système ébranlée au premier instant, et représentée par une tranche très mince, se trouve remplacée au bout du temps t par deux tranches au moins, situées des deux côtés opposés du plan invariable, et qui n'offrent plus l'épaisseur de la première tranche, mais une épaisseur variable dont l'accroissement, proportionnel au temps, est plus ou moins considérable suivant que les limites extrêmes des vitesses de propagation comprennent entre elles un intervalle plus ou moins grand. C'est ce qui paraît arriver dans la théorie de la lumière, lorsqu'on ne suppose pas les rayons lumineux propagés dans le vide; et alors c'est la différence entre les vitesses de propagation des divers rayons simples qui donne naissance au phénomène de la dispersion.

» Enfin, dans le troisième cas, c'est-à-dire lorsque les vitesses de propagation des ondes primitivement superposées, ayant pour limite inférieure une vitesse finie ou nulle, ont pour limite supérieure une vitesse infinie, le mouvement initial imprimé aux molécules, à l'instant où l'on compte $t = 0$, se propage aussitôt que le temps vient à croître, jusqu'à une distance infinie, ou plutôt jusqu'aux extrémités du système de molécules donné. Or c'est là précisément ce qui arrive dans la propagation des ondes liquides. En effet, si l'on soulève ou si l'on déprime une tranche

très mince de la surface d'un liquide, le mouvement se transmettra instantanément jusqu'aux limites de cette surface; et, comme alors les vitesses de propagation varieront depuis l'infini jusqu'à zéro, on pourra voir succéder les unes aux autres une infinité d'ondes liquides, mais dont les dernières, propagées avec des vitesses de plus en plus petites, deviendront de plus en plus sensibles (1).

» Si les molécules étaient primitivement déplacées ou mises en mouvement, non plus dans toute l'étendue de la tranche très mince dont nous avons parlé, mais seulement dans une portion de cette tranche; et si d'ailleurs, dans cette portion, le déplacement et la vitesse initiale d'une molécule dépendaient uniquement de la distance au plan invariable qui divise la tranche en parties égales, le mouvement initial de la portion dont il s'agit pourrait toujours être censé résulter de la superposition d'une infinité d'ondes planes; mais chacune de ces ondes planes, prise dans l'état initial, ou considérée comme déjà propagée au bout d'un temps quelconque t, ne subsisterait plus qu'en partie. Enfin, si au premier instant les molécules étaient déplacées ou mises en mouvement d'une manière quelconque dans une portion du système dont les trois dimensions seraient très petites, et qui s'étendrait en tous sens à de très petites distances autour de l'origine des coordonnées, l'état initial de cette portion du système pourrait être censé résulter de la superposition d'une infinité d'ondes planes, renfermées dans des plans divers, et offrant des longueurs d'ondulations diverses; et la propagation simultanée de ces ondes planes, avec des vitesses égales ou inégales, donnerait naissance à une zone mobile d'épaisseur constante ou variable, terminée par des surfaces sphériques, elliptiques, etc., comme je l'expliquerai dans un autre Mémoire.

» D'après ce qu'on vient de dire, on voit comment s'opère généralement la séparation des ondes planes qui, renfermées dans des plans divers et offrant des longueurs d'ondulation diverses, doivent être censées superposées les unes aux autres, si l'on veut que leur système représente l'état initial d'une très faible portion d'un système de molécules, circonscrit dans un espace dont les trois dimensions soient très petites.

» Celles de ces ondes planes qui se trouvent contenues dans des plans divers, ou plutôt les parties de ces mêmes ondes que renferme primitivement l'espace dont il s'agit, se transportent dans diverses directions indiquées par divers rayons vecteurs de la surface des ondes, et se séparent

(1) On peut consulter à ce sujet le Mémoire de M. Poisson sur la théorie des ondes à la surface d'un liquide, et celui que j'ai publié sur le même sujet.

ainsi, de telle sorte qu'au bout du temps t les seules dont la superposition subsiste soient des ondes planes contenues dans des plans très peu inclinés les uns sur les autres, et passant par un même point de la surface des ondes. Ces plans venant à se déplacer ultérieurement, leur point de rencontre se déplacera lui-même suivant une certaine droite, avec une vitesse de propagation distincte de celle des ondes planes. La série des positions que prend ce point de rencontre, tandis que les ondes se déplacent, constitue, dans la théorie de la lumière, ce qu'on nomme un *rayon lumineux*, et l'on se trouve ainsi ramené, pour la définition d'un rayon, aux considérations mêmes dont je m'étais déjà servi dans les Mémoires de l'Académie des Sciences et dans la 51e livraison des *Exercices de Mathématiques* (p. 71). A ce que j'avais dit alors, on doit ajouter seulement que, pour obtenir des ondes renfermées dans des plans très peu inclinés les uns sur les autres, il suffit, dans le cas général, de considérer le mouvement infiniment petit d'un système de molécules, non à partir du premier instant où ce mouvement est imprimé à une portion du système, mais à partir de l'un des instants qui suivent le premier.

» Quant à la séparation des ondes qui offrent des longueurs d'ondulations diverses, elle ne peut s'effectuer que dans le cas où une différence entre les longueurs d'ondulation entraîne une différence correspondante entre les vitesses de propagation; comme il arrive effectivement quand la lumière se propage, non dans le vide, mais dans les corps diaphanes.

» Observons encore que, l'état initial d'un système de molécules, ou plutôt d'une portion de ce système, étant arbitraire, le système d'ondes planes qui représente cet état initial, et qui s'en déduit par une formule connue, peut varier à l'infini, comme cet état même. Il en résulte que, parmi les ondes planes correspondantes aux diverses longueurs d'ondulation, les unes doivent être très sensibles, tandis que d'autres peuvent l'être beaucoup moins et disparaître presque entièrement. On ne devra donc pas être surpris de voir dans la théorie de la lumière les rayons doués de réfrangibilités diverses, lorsqu'on les disperse par le moyen du prisme, offrir des intensités variables, non-seulement avec les longueurs d'ondulation correspondantes, mais encore avec la nature des corps dont ils émanent; et l'on devrait s'étonner au contraire s'il en était autrement. Ainsi doivent être évidemment expliquées les raies brillantes ou obscures découvertes dans le spectre solaire, et dans ceux que fournissent les autres corps lumineux. C'est pour le même motif que la forme et la vitesse des ondes propagées à la surface d'un liquide varient avec la forme de la portion

de cette surface primitivement soulevée ou déprimée. J'ajouterai que M. d'Ettingshausen m'a dit, il y a plusieurs années, être parvenu lui-même à l'explication des raies du spectre dans la théorie des ondulations. Mais j'ignore si cette explication coïncide précisément avec celle que je viens d'exposer.

» Je m'estimerais heureux si les éclaircissements que je viens de donner paraissaient, aux yeux de notre illustre confrère, lever complétement les difficultés que pouvait lui offrir la lecture de mes précédents Mémoires, et je le prie d'agréer ici mes remercîments de ce que, par la question qu'il a bien voulu m'adresser, il m'a donné l'occasion d'approfondir ce sujet important, et d'arriver ainsi à des résultats dont la généralité et la simplicité m'ont surpris moi-même, et surprendront peut-être au premier abord les personnes adonnées à la culture de la physique mathématique.

» Je joins ici les formules qui comprennent les propositions ci-dessus énoncées. Elles composent les cinquième et sixième paragraphes du Mémoire inséré dans le *Compte rendu* de la séance du 8 avril. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Suite du Mémoire sur les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Fin du § IV. (Voir le *Compte rendu* de la séance du 8 avril.)

« Si maintenant on pose pour abréger

$$(3) \qquad 8 = A\xi + B\eta + C\zeta,$$

A, B, C désignant trois constantes réelles ou imaginaires, on tirera des formules (2)

$$(4) \qquad F(D_x, D_y, D_z, D_t)\,8 = 0.$$

Si les constantes A, B, C sont réelles et représentent les cosinus des angles formés par un axe fixe avec les demi-axes des coordonnées positives, 8 représentera le déplacement d'une molécule mesuré parallèlement à l'axe fixe. Donc un semblable déplacement sera la variable principale d'une équation aux différences partielles, qui conservera la même forme, quel que soit l'axe fixe que l'on considère.

» Au reste, si, pour revenir des formules (2) du § III aux équations générales des mouvements infiniment petits d'un système de molécules, on

remplace dans les formules dont il s'agit

$$u \text{ par } D_x, \quad v \text{ par } D_y, \quad w \text{ par } D_z;$$

alors, en désignant par

$$\nabla_{x,x}, \quad \nabla_{y,y}, \quad \nabla_{z,z}, \quad \nabla_{y,z} = \nabla_{z,y}, \quad \nabla_{z,x} = \nabla_{x,z}, \quad \nabla_{x,y} = \nabla_{y,x},$$

des fonctions de

$$D_x, \quad D_y, \quad D_z,$$

déterminées par les formules

$$(5) \quad \nabla_{x,x} = S\left\{m \frac{f(r) + f(r)\cos^2\alpha}{r}\left[e^{r(\cos\alpha D_x + \cos 6 D_y + \cos\gamma D_z)} - 1\right]\right\}, \nabla_{y,y} = \ldots, \nabla_{z,z} = \ldots;$$

$$(6) \quad \nabla_{y,z} = S\left\{m \frac{f(r)\cos 6\cos\gamma}{r}\left[e^{r(\cos\alpha D_x + \cos 6 D_y + \cos\gamma D_z)} - 1\right]\right\}, \nabla_{z,x} = \ldots, \nabla_{x,y} = \ldots;$$

on verra ces équations générales se réduire à

$$(7) \quad \begin{cases} D_t^2 \xi = \nabla_{x,x}\xi + \nabla_{x,y}\eta + \nabla_{x,z}\zeta, \\ D_t^2 \eta = \nabla_{y,x}\xi + \nabla_{y,y}\eta + \nabla_{y,z}\zeta, \\ D_t^2 \zeta = \nabla_{z,x}\xi + \nabla_{z,y}\eta + \nabla_{z,z}\zeta, \end{cases}$$

» Chacune des équations (7) étant du second ordre, par rapport à t, pour déduire de ces mêmes équations les valeurs générales des variables principales

$$\xi, \eta, \zeta,$$

il sera nécessaire que l'on connaisse les valeurs initiales de ces variables, et de leurs dérivées du premier ordre prises par rapport à t. Si l'on désigne par

$$\varphi(x, y, z), \quad \chi(x, y, z), \quad \psi(x, y, z), \quad \Phi(x, y, z), \quad X(x, y, z), \quad \Psi(x, y, z),$$

ces valeurs initiales, le problème consistera généralement à intégrer les formules (7), de manière que l'on ait, pour $t = 0$,

$$(8) \quad \xi = \varphi(x, y, z), \quad \eta = \chi(x, y, z), \quad \zeta = \psi(x, y, z),$$

$$(9) \quad \frac{d\xi}{dt} = \Phi(x, y, z), \quad \frac{d\eta}{dt} = X(x, y, z), \quad \frac{d\zeta}{dt} = \Psi(x, y, z).$$

§ V. *Mouvements dont les équations renferment seulement deux variables indépendantes.*

» Soient

$$a, b, c$$

les cosinus des angles que forme avec les demi-axes des x, y et z posi-

tives un plan *invariable* passant par l'origine des coordonnées, et

$$(1)\qquad v = ax + by + cz$$

la distance d'un point quelconque x, y, z à ce même plan. Supposons d'ailleurs que, dans un système homogène de molécules mises en vibration, les déplacements et les vitesses ne dépendent, au premier instant, que de la distance v au plan invariable. Les conditions (8), (9) du paragraphe précédent se réduiront à des équations de la forme

$$(2)\qquad \xi = \varphi(v),\quad \eta = \chi(v),\quad \zeta = \psi(v),$$

$$(3)\qquad \frac{d\xi}{dt} = \Phi(v),\quad \frac{d\eta}{dt} = \mathrm{X}(v),\quad \frac{d\zeta}{dt} = \Psi(v),$$

qui devront être vérifiées pour $t=0$, et les valeurs générales des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

dépendront uniquement de v et de t. Car, en supposant ξ, η, ζ fonctions des seules variables indépendantes v et t, on aura en vertu de l'équation (1)

$$(4)\qquad \mathrm{D}_x = a\mathrm{D}_v,\quad \mathrm{D}_y = b\mathrm{D}_v,\quad \mathrm{D}_z = c\mathrm{D}_v,$$

par conséquent les formules (5), (6) du paragraphe précédent se réduiront à

$$(5)\quad \nabla_{x,x} = \mathrm{S}\left[m\frac{\mathrm{f}(r)+f(r)\cos^2\alpha}{r}\left(e^{r\cos\delta\,\mathrm{D}_v}-1\right)\right],\ \nabla_{y,y} = \ldots,\ \nabla_{z,z} = \ldots,$$

$$(6)\quad \nabla_{y,z} = \mathrm{S}\left[m\frac{f(r)\cos\beta\cos\gamma}{r}\left(e^{r\cos\delta\,\mathrm{D}_v}-1\right)\right],\ \nabla_{z,x} = \ldots,\ \nabla_{x,y} = \ldots,$$

la valeur de $\cos\delta$ étant

$$(7)\qquad \cos\delta = a\cos\alpha + b\cos\beta + c\cos\gamma.$$

Or, comme, en vertu des formules (5), (6), les équations (7) du § 4, c'est-à-dire les équations qui représentent les mouvements infiniment petits du système, renfermeront seulement, avec les variables principales ξ, η, ζ, les deux variables indépendantes v et t, on pourra les intégrer de manière que les conditions (2), (3) se trouvent vérifiées pour $t=0$, et ainsi on obtiendra les valeurs générales de ξ, η, ζ qui dépendront seulement de v et de t.

» Ce n'est pas tout. Si les valeurs initiales de ξ, η, ζ et de leurs dérivées sont proportionnelles à une seule exponentielle népérienne de la forme

$$e^{kv},$$

de sorte qu'on doive avoir, pour $t = 0$,

$$(8) \qquad \xi = \mathcal{A} e^{kv}, \quad \eta = \mathcal{B} e^{kv}, \quad \zeta = \mathcal{C} e^{kv},$$

$$(9) \qquad \frac{d\xi}{dt} = \mathcal{D} e^{kv}, \quad \frac{d\eta}{dt} = \mathcal{E} e^{kv}, \quad \frac{d\zeta}{dt} = \mathcal{F} e^{kv},$$

le coefficient k pouvant être réel ou imaginaire, les valeurs générales de

$$\xi, \eta, \zeta,$$

considérées comme fonctions de v, devront elles-mêmes être supposées proportionnelles à l'exponentielle dont il s'agit. Car on aura dans cette supposition

$$(10) \qquad D_v \xi = k\xi, \quad D_v \eta = k\eta, \quad D_v \zeta = k\zeta,$$

ce qui réduira les expressions symboliques

$$\nabla_{x,x}, \quad \nabla_{y,y}, \quad \nabla_{z,z}, \quad \nabla_{y,z}, \quad \nabla_{z,x}, \quad \nabla_{x,y},$$

déterminées par les formules (5), (6) aux coefficients

$$\mathcal{L}, \mathcal{M}, \mathcal{N}, \mathcal{P}, \mathcal{Q}, \mathcal{R},$$

déterminés par les équations

$$(11) \quad \mathcal{L} = S\left[m \frac{f(r) + f(r)\cos^2\alpha}{r} \left(e^{kr\cos\delta} - 1\right)\right], \quad \mathcal{M} = \ldots, \quad \mathcal{N} = \ldots,$$

$$(12) \quad \mathcal{P} = S\left[m \frac{f(r)\cos 6\cos\gamma}{r} \left(e^{kr\cos\delta} - 1\right)\right], \quad \mathcal{Q} = \ldots, \quad \mathcal{R} = \ldots;$$

et par suite les équations (7) du § 4 deviendront

$$(13) \qquad \begin{cases} D_t^2 \xi = \mathcal{L}\xi + \mathcal{R}\eta + \mathcal{Q}\zeta, \\ D_t^2 \eta = \mathcal{R}\xi + \mathcal{M}\eta + \mathcal{P}\zeta, \\ D_t^2 \zeta = \mathcal{Q}\xi + \mathcal{P}\eta + \mathcal{N}\zeta. \end{cases}$$

Or, si, en supposant constants les coefficients $\mathcal{L}, \mathcal{M}, \mathcal{N}, \mathcal{P}, \mathcal{Q}, \mathcal{R}$, on intègre les équations (13) de manière à remplir les conditions (8), (9), on obtiendra évidemment des valeurs générales de ξ, η, ζ, qui considérées comme fonctions de v, seront proportionnelles à l'exponentielle

$$e^{kv}.$$

» Si l'on pose pour abréger

$$(14) \qquad 8 = A\xi + B\eta + C\zeta,$$

A, B, C désignant trois coefficients réels ou imaginaires; et si d'ailleurs on choisit ces coefficients et la constante s, de manière à vérifier les équa-

tions (2) du § III, savoir,

$$(15)\qquad \begin{cases} (\mathfrak{L} - s^2)\mathrm{A} + \mathfrak{R}\mathrm{B} + \mathfrak{Q}\mathrm{C} = 0, \\ \mathfrak{R}\mathrm{A} + (\mathfrak{M} - s^2)\mathrm{B} + \mathfrak{P}\mathrm{C} = 0, \\ \mathfrak{Q}\mathrm{A} + \mathfrak{P}\mathrm{B} + (\mathfrak{N} - s^2)\mathrm{C} = 0, \end{cases}$$

on tirera des formules (13)

$$(16)\qquad \mathrm{D}_t^2 \upsilon = s^2 \upsilon.$$

Soient maintenant

$$\varpi(v), \quad \Pi(v)$$

les valeurs initiales de

$$\upsilon, \quad \frac{d\upsilon}{dt},$$

dans le cas où les valeurs initiales de ξ, η, ζ et de leurs dérivées sont déterminées par les formules (8), (9). On aura

$$(17)\qquad \varpi(v) = (\mathrm{A}\mathcal{A} + \mathrm{B}\mathcal{B} + \mathrm{C}\mathcal{C})e^{kv}, \quad \Pi(v) = (\mathrm{A}\mathcal{D} + \mathrm{B}\mathcal{E} + \mathrm{C}\mathcal{F})e^{kv}$$

ou, ce qui revient au même,

$$(18)\qquad \varpi(v) = \mho e^{kv}, \quad \Pi(v) = \vartheta e^{kv},$$

les valeurs de $\mho$, ϑ étant

$$(19)\qquad \mho = \mathrm{A}\mathcal{A} + \mathrm{B}\mathcal{B} + \mathrm{C}\mathcal{C}, \quad \vartheta = \mathrm{A}\mathcal{D} + \mathrm{B}\mathcal{E} + \mathrm{C}\mathcal{F},$$

et l'on tirera de l'équation (16)

$$(20)\qquad \upsilon = \mho \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \int_0^t \vartheta \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} dt,$$

par conséquent

$$(21)\qquad \upsilon = \mho \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \int_0^t \vartheta \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2}.$$

D'ailleurs la formule (21) pourra encore s'écrire comme il suit

$$(22)\qquad \begin{cases} \mathrm{A}\xi + \mathrm{B}\eta + \mathrm{C}\zeta = (\mathrm{A}\mathcal{A} + \mathrm{B}\mathcal{B} + \mathrm{C}\mathcal{C}) \dfrac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} \\ \qquad\qquad + (\mathrm{A}\mathcal{D} + \mathrm{B}\mathcal{E} + \mathrm{C}\mathcal{F}) \dfrac{e^{kv+st} - e^{kv-st}}{2s}. \end{cases}$$

» Il est bon d'observer que les formules (15) détermineront généralement s^2 et les rapports

$$\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{A}}, \quad \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{A}},$$

en fonction de k, la valeur de s^2 étant fournie par une équation du troisième degré

(23) $$F(k, s) = 0,$$

dans laquelle on aura

(24) $$F(k, s) =$$
$$(\mathcal{L}-s^2)(\mathcal{M}-s^2)(\mathcal{N}-s^2)-\mathcal{P}^2(\mathcal{L}-s^2)-\mathcal{Q}^2(\mathcal{N}-s^2)-\mathcal{R}^2(\mathcal{N}-s^2)+2\mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R}.$$

Or de l'équation (23), jointe à deux des équations (15), ou, ce qui revient au même, aux formules (11) ou (15) du § 2, on déduira en général trois systèmes de valeurs de

$$s^2, \quad \frac{B}{A}, \quad \frac{C}{A};$$

et, comme, pour chacun de ces trois systèmes, la formule (22) établira une relation linéaire entre les variables principales

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta,$$

on obtiendra en tout, entre ces mêmes variables, trois équations du premier degré qui suffiront pour les déterminer complétement. Les valeurs de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta,$$

ainsi déterminées renfermeront six espèces de termes qui seront respectivement proportionnels à six exponentielles de la forme

$$e^{kv+s't}, \quad e^{kv-s't}, \quad e^{kv+s''t}, \quad e^{kv-s''t}, \quad e^{kv+s'''t}, \quad e^{kv-s'''t},$$

si l'on désigne par

$$s'^2, \quad s''^2, \quad s'''^2,$$

les trois valeurs de s^2 propres à vérifier l'équation (23); et elles représenteront en conséquence les sommes des six valeurs que peuvent acquérir les déplacements symboliques des molécules, correspondants aux trois axes coordonnés, dans six mouvements simples superposés l'un à l'autre (voir le § III). Les plans des ondes propagées dans ces mouvements simples seront tous parallèles au plan invariable représenté par l'équation

(25) $$v = 0$$

ou

(26) $$ax + by + cz = 0;$$

et, parmi les six mouvements simples dont il s'agit, ceux qui correspon-

dront à une même valeur de s^2, par conséquent à deux valeurs de s égales entre elles au signe près, offriront des ondes planes qui se propageront en sens contraires, mais avec la même vitesse, cette vitesse étant le rapport numérique entre les coefficients de $\sqrt{-1}$ dans la valeur de s et dans la valeur de k.

» Si, à l'aide de la formule (21) ou (22), on voulait calculer, non plus les valeurs totales des variables principales

$$\zeta,\ \eta,\ \xi,$$

mais seulement les parties de ces valeurs qui répondent à l'une des trois valeurs de s^2, il faudrait évidemment supposer l'expression

$$\text{ȣ} = \mathrm{A}\xi + \mathrm{B}\eta + \mathrm{C}\zeta$$

déterminée par l'équation (21) ou (22) pour cette même valeur de s^2, et réduite à zéro pour les deux autres.

» Remarquons encore que si l'on pose

$$\frac{s}{k} = \omega, \tag{27}$$

l'équation (21) pourra, en vertu des formules (18), être réduite à

$$\text{ȣ} = \frac{\varpi(v + \omega t) + \varpi(v - \omega t)}{2} + \int_0^t \frac{\Pi(v + \omega t) + \Pi(v + \omega t)}{2}\, dt. \tag{28}$$

On arrive à la même conclusion, en observant que, dans le cas où les variables

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \text{ȣ},$$

considérées comme fonctions de v, sont proportionnelles à l'exponentielle

$$e^{kv},$$

on a identiquement

$$\mathrm{D}_v^2\, \text{ȣ} = k^2\, \text{ȣ}, \tag{29}$$

de sorte qu'alors on peut écrire l'équation (16) sous la forme

$$\mathrm{D}_t^2\, \text{ȣ} = \omega^2\, \mathrm{D}_v^2\, \text{ȣ}, \tag{30}$$

ou

$$\frac{d^2\text{ȣ}}{dv^2} = \omega^2 \frac{d^2\text{ȣ}}{dv^2}. \tag{31}$$

Or l'intégrale générale de l'équation (31) est précisément la formule (28).

» Quand les mouvements simples, propagés dans le système de molécules que l'on considère, sont du nombre de ceux qui se propagent sans

s'affaiblir, les valeurs de k et de s n'offrent pas de parties réelles. Alors la valeur de ω que fournira l'équation (27), et qui sera positive si l'on choisit convenablement le signe de s, viendra se confondre avec la vitesse de propagation Ω des ondes planes, en sorte que la formule (28) donnera

$$(32)\qquad \text{8} = \frac{\varpi(\iota+\Omega t)+\varpi(\iota-\Omega t)}{2} + \int_0^t \frac{\Pi(\iota+\Omega t)+\Pi(\iota-\Omega t)}{2}\,dt.$$

Si d'ailleurs, pour chaque valeur de s^2, les valeurs des rapports

$$\frac{B}{A},\quad \frac{C}{A},$$

tirées des formules (15) sont réelles, on pourra prendre pour

$$A,\ B,\ C,$$

des quantités réelles assujéties à vérifier la condition

$$(33)\qquad A^2 + B^2 + C^2 = 1;$$

et les trois valeurs de 8, relatives aux trois valeurs de s^2, représenteront trois déplacements symboliques d'une même molécule, les trois déplacements effectifs correspondants étant mesurés parallèlement à trois axes fixes qui se couperont à angles droits. (Voir le Mémoire sur la *dispersion de la lumière.*)

» Lorsque les valeurs initiales des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et de leurs dérivées sont fonctions de ι sans être proportionnelles à une seule exponentielle de la forme

$$e^{k\iota},$$

on peut du moins considérer chacune de ces valeurs initiales comme formée par l'addition d'une infinité de termes proportionnels à de semblables exponentielles. Ainsi, par exemple, si la valeur initiale de ξ est donnée par la première des équations (2), elle pourra, en vertu d'un théorème connu (Voir les *Exercices de Mathématiques*), être présentée sous la forme

$$(34)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\upsilon(\iota-\rho)\sqrt{-1}}\,\varphi(\rho)\,d\rho\,d\upsilon,$$

les deux intégrations étant effectuées entre les limites $-\infty$, ∞ des variables auxiliaires ρ et υ. Si au premier instant il n'y avait de déplacements et de mouvements produits qu'entre les limites

$$(35)\qquad \iota = \iota_0,\quad \iota = \iota_1,$$

les fonctions $\varphi(\iota)$, $\chi(\iota)$, .. devraient être supposées nulles hors de ces limites, ce qui permettrait de réduire l'intégrale (34) à la suivante

$$(36) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1} e^{(\iota-\rho)v\sqrt{-1}}\,\varphi(\rho)\,d\rho\,dv.$$

» Des remarques précédentes jointes à ce qui a été dit plus haut, il résulte que, dans le cas où les valeurs initiales des variables principales et de leurs dérivées sont fonctions d'une seule coordonnée, propre à représenter la distance ι d'un point quelconque (x, y, z) à un plan invariable, les vibrations des molécules, au bout d'un temps quelconque t, peuvent être censées résulter de la superposition d'une infinité d'ondes planes renfermées dans des plans parallèles au plan invariable dont il s'agit.

» Il nous reste à déduire des formules qui précèdent le mode de propagation de ces ondes, pour le cas où on les suppose primitivement renfermées dans une tranche très mince, ou dans une très petite portion de l'espace. Tel sera l'objet des paragraphes suivants. »

(La suite au prochain Numéro.)

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les mouvements de deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Lorsque l'on considère les mouvements de deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement, on obtient six équations du genre de celles que j'ai données dans mon Mémoire sur la dispersion, et qui renferment six variables principales avec les actions exercées, 1° par les molécules du premier système sur d'autres molécules du premier système; 2° par les molécules du second système sur d'autres molécules du second système; 3° par les molécules d'un système sur celles de l'autre. Les six variables principales sont les déplacements d'une molécule du premier système, et les déplacements d'une molécule du second système, mesurés parallèlement aux axes coordonnés. Lorsque les deux systèmes sont homogènes, et que les mouvements sont infiniment petits, alors, par la raison que j'ai donnée dans un autre Mémoire, on peut réduire les six équations obtenues à six équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants; et si l'on élimine entre elles cinq des variables principales, l'équation résultante sera encore une équation linéaire aux différences partielles et à coefficients constants. Donc, ce que j'ai dit d'un système de molécules s'applique encore à deux systèmes qui se pénètrent, dans le cas même où l'on tient compte des actions exercées par les molécules d'un système sur celles de l'autre.

» Lorsque les molécules de l'un des systèmes sont trop écartées les unes des autres pour exercer des actions mutuelles, les formules se simplifient et paraissent spécialement applicables à la propagation du son dans les gaz. Alors les phénomènes dépendent surtout de l'attraction exercée par les molécules de l'air sur celles du fluide éthéré, par conséquent d'une force qui croît avec la pression, et pourrait la représenter.

» Dans le cas général, les formules paraissent s'appliquer plus spécialement à la propagation de la lumière dans les corps solides.

» Au reste, je reviendrai sur ces divers résultats dans les prochaines séances. »

PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir de la radiation atmosphérique comme agent chimique; par* M. **Biot.**

« Les expériences dont je vais rendre compte, ont pour but de montrer que la radiation atmosphérique diffuse peut favoriser, et même déterminer, la séparation de substances combinées chimiquement, qui, sans son influence, persisteraient à rester en combinaison, étant placées d'ailleurs dans des circonstances exactement pareilles.

» La matière dont j'ai excité ainsi la décomposition est la résine de gaïac, soit telle qu'on la trouve dans le commerce, soit telle qu'on peut l'extraire du bois même, surtout des parties centrales de l'arbre en les traitant par l'alcool froid.

» Cette résine est célèbre en Physique, par les variations opposées et successives de teintes que lui impriment la radiation atmosphérique diffuse, et la radiation solaire, ou la chaleur communiquée. Si l'on en forme une dissolution alcoolique suffisamment chargée, et qu'on en imprègne un papier sans colle, dans l'obscurité; ce papier, après l'évaporation spontanée de l'alcool, paraîtra généralement d'un beau jaune, étant vu au jour. Mais si on l'expose à la radiation atmosphérique diffuse, il passera graduellement, d'abord au jaune verdâtre, puis au vert jaunâtre, au vert, au vert bleuâtre, en plus ou moins de temps, et en prenant une teinte finale de bleu plus ou moins marquée; laquelle dépendra de la variété accidentelle de résine employée, de la densité qu'on aura donnée à la solution alcoolique, de la manière dont on l'aura appliquée au papier, de la texture de celui-ci, des matières qu'il renferme, du milieu qui l'environne, et de la qualité de la radiation qui agit sur lui. En exposant de pareils papiers aux diverses parties de la radiation solaire, dispersées par les inégales

réfractions qu'elles subissent en traversant un prisme de verre, Wollaston a trouvé que la portion la plus réfrangible de cette radiation était la plus apte à développer la teinte verte, et que la portion la moins réfrangible était la plus apte à restituer la teinte jaune primitive (1). Mais les effets ainsi observés sont complexes et mêlés d'une illusion optique, que les expériences dont je vais parler rendent évidente. La résine ordinaire de gaïac, telle qu'on la trouve dans le commerce ou qu'on l'extrait du bois par l'alcool froid, se présente, physiquement du moins, comme formée de deux matières; dont l'une ayant alors la couleur jaune, la conserve sous l'influence de la radiation diffuse, n'en étant par sensiblement changée; tandis que l'autre, d'abord d'un jaune pâle, ou peut-être incolore dans le papier tenu à l'obscurité, s'impressionne très vivement sous l'influence de cette radiation, et passe à un bleu d'autant plus beau qu'elle est plus isolée. C'est celle-ci qui est modifiée, en sens opposé, par les rayons venus des deux extrémités du spectre solaire, comme le trouvait Wollaston. Maintenant, lorsque le système formé des deux substances est exposé à la radiation diffuse, l'état de combinaison où la substance changeante se trouve engagée, ne permet à ses modifications de s'accomplir que successivement, à commencer par les particules situées à la surface libre, et de là s'étendant par degrés aux couches intérieures, jusqu'à la profondeur totale, où la radiation efficace, actuellement agissante, peut pénétrer. Le mélange qui se fait dans l'œil, de la teinte jaune constante avec cette teinte bleue dont l'intensité croît jusqu'à une certaine limite, produit toutes les nuances apparentes de vert qu'on observe successivement.

» Pour prouver ceci, prenez une bande de papier sans colle, jaunie par une solution alcoolique de résine de gaïac, et, s'il se peut, d'une teinte jaune sensiblement uniforme, ce que l'on obtient par quelques précautions qu'un peu de pratique apprend bientôt. Ce papier étant sec, et sa teinte reconnue, exposez-le à la radiation diffuse, non pas dans l'air, mais sous l'eau, dans une capsule de verre un peu profonde. L'eau commune est très bonne pour cet usage. Elle est même meilleure que l'eau distillée, probablement à cause de la petite quantité de sels de chaux qu'elle renferme ordinairement. Je suppose seulement qu'elle ne contienne pas d'ammoniaque. Si vous regardez le papier à travers l'épaisseur de la couche d'eau qui le couvre, à mesure qu'il s'impressionnera, vous lui verrez parcourir toute la série des teintes que j'ai tout-à-l'heure énoncées; et enfin, à la dernière, il paraîtra

(1) *Journal de Nicholson*, tome VIII, 1804, page 293.

d'un vert plus ou moins bleuâtre. Mais regardez alors l'eau par transmission, vous la verrez jaune ou jaune verdâtre, selon son épaisseur; et en retirant le papier pour l'observer seul, vous le verrez bleu; d'un bleu incomparablement plus foncé qu'il n'aurait pu l'atteindre dans l'air, avec la même imprégnation.

» La matière jaune qu'on en extrait ainsi, peut être obtenue plus abondamment par un procédé que j'expliquerai tout-à-l'heure. Mais je puis toujours dès à présent décrire ses caractères apparents. Vue dans la solution aqueuse où elle se dégage sous l'influence de la radiation, elle forme un liquide limpide qui, à de médiocres épaisseurs, offre une très belle couleur jaune-citron, comme on peut le reconnaître sur les échantillons que je présente. Mais à travers de plus grandes épaisseurs il paraît rouge. Si l'on concentre cette solution au bain-marie ou sur un feu doux, elle exhale l'odeur du benjoin, et cependant ne paraît pas s'altérer essentiellement; car, rapprochée ainsi au bain-marie jusqu'à siccité, elle se redissout complétement dans l'eau et dans l'alcool, en reproduisant les mêmes caractères apparents qu'on lui trouvait d'abord. De plus, avant comme après ces opérations, et soit qu'on la dissolve par l'alcool ou par l'eau, ou par un mélange de ces deux liquides, elle ne s'impressionne nullement en bleu par le chlore; tandis que la solution alcoolique totale est colorée instantanément par le chlore, même dans l'obscurité, en un beau bleu foncé très intense, comme les chimistes l'ont depuis long-temps reconnu; et le même effet s'opère instantanément sur les papiers teints en jaune par la solution alcoolique, dans l'obscurité.

» Maintenant il faut examiner si le dégagement de cette matière jaune a été opéré par l'action de l'eau seule sur le papier, ou si la radiation a contribué, soit à le déterminer, soit à l'accroître. Pour cela, j'ai fait l'expérience suivante que j'ai répétée quatre fois sur des solutions alcooliques différentes, et avec différentes qualités d'eau, en y comprenant l'eau distillée. Les effets ayant toujours été les mêmes quant à leur marche, et n'ayant différé que par les intensités relatives des résultats, je les décrirai d'abord généralement.

» J'ai pris un rectangle de papier jaune de gaïac d'une teinte bien uniforme; je l'ai partagé en deux moitiés égales qui se superposaient, et que je nommerai A et B. J'ai porté A dans une cave parfaitement obscure située non loin de l'entrée d'un souterrain voûté communiquant à l'air libre, de sorte que, pendant la durée de l'expérience, qui a été faite le mois dernier, la température de la cave n'a pas été de plus d'un degré supérieure ou infé-

rieure à celle de l'air. J'ai placé ce papier A dans une assiette de porcelaine avec une quantité mesurée d'eau, puisée à une source continuellement jaillissante; et j'ai noté le temps auquel l'immersion a eu lieu. Vingt minutes après, j'ai mis l'autre moitié B dans des circonstances exactement pareilles, en notant de même le temps de l'immersion. Mais je l'ai placée à l'air libre dans un jardin, à l'ombre, et dans une exposition où elle recevait sans obstacle la radiation diffuse venant de toute la moitié boréale du ciel. Le soir approchant, j'allai recueillir l'eau qui couvrait le papier tenu dans l'obscurité, ce que je fis, en notant encore le temps, et je la remplaçai par une égale quantité d'eau pareille. Je fis la même opération vingt minutes après pour le papier B, que je rentrai dans la maison jusqu'au lendemain. Et je comparai alors les deux eaux qui avaient été recueillies dans des flacons d'égal volume. Celle qui venait du papier exposé à la radiation était notablement plus colorée en jaune que celle qui venait de l'obscurité.

» Je recommençai ces mêmes opérations le lendemain matin, comparant toujours les eaux recueillies après un intervalle de temps égal, soit diurne soit nocturne, et je continuai ainsi pendant 48 heures. L'eau de jour fut toujours colorée plus fortement par le papier exposé à la radiation que par celui qui était dans l'obscurité. L'intervalle nocturne donnait des résultats presque égaux, mais encore un peu différents dans le même sens. Dans la seconde nuit, le papier tenu à l'obscurité ne teignit pas sensiblement son eau. Sa couleur était devenue gris-de-fer pour un des échantillons mis en expérience. Un autre, provenant d'une résine du commerce, était devenu presque tout-à-fait blanc avec quelques taches de vert pâle; mais il n'avait aussi, non plus, rien cédé d'appréciable pendant la dernière nuit.

» Je transportai alors ces deux papiers dans l'appartement, en les tenant couverts d'un carton; et, après leur avoir restitué de nouvelle eau, toujours en quantités égales, je les exposai à la radiation diffuse au même lieu où j'avais placé les deux autres. Ils s'impressionnèrent avec une excessive rapidité; et, après quelques heures d'exposition, l'eau qui les recouvrait se trouva fortement teinte de matière jaune, tandis qu'ils n'avaient rien cédé de sensible à une quantité d'eau pareille dans l'intervalle beaucoup plus long de la dernière nuit. Je viens de répéter à Paris les mêmes épreuves sur d'autres papiers, tant avec l'eau distillée qu'avec l'eau d'Arcueil : les résultats ont été absolument pareils. L'excès relatif de coloration produit par l'exposition au jour a même été proportionnellement plus sensible pour l'eau distillée que pour celles de Nointel ou d'Arcueil, parce que son action dissolvante propre était moindre dans l'eau où les papiers plongeaient. Il devient

par là tout-à-fait certain que la radiation a excité et favorisé la dissolution de la matière jaune par son action; mais il est indispensable de spécifier qu'il s'agit ici de la radiation purement diffuse. Car la radiation solaire, autrement composée, produit des effets tous différents; et, pour les papiers de gaïac, par exemple, on peut l'associer à des circonstances telles, qu'ils ne manifesteraient aucune variation de teinte, ou même qu'ils deviendraient jaunes s'ils avaient été préalablement bleuis ou verdis.

» Pendant que les papiers s'impressionnent sous l'eau par la radiation, on voit toute leur surface se couvrir d'une multitude de petites bulles qui se dégagent, et qui reparaissent à plusieurs reprises après qu'on les en a détachées par le mouvement. Cela a lieu ainsi même sous l'eau distillée, avec le papier préalablement purgé de sels de chaux par l'acide hydro-chlorique. J'ai recueilli cet air en plaçant les papiers dans des tubes renversés ouverts par le bas, et aussi dans des tubes fermés, où ils plongeaient en partie dans de l'eau distillée qu'on y avait fait bouillir pour en chasser l'air, après quoi on les avait scellés à la lampe pendant l'ébullition, comme lorsqu'on fait des marteaux d'eau. Les papiers se sont pareillement impressionnés dans ce vide humide; et le dégagement des bulles d'air s'y est opéré surtout une première fois, mais non une seconde. L'analyse n'a indiqué ni de l'hydrogène, ni de l'oxigène pur, comme on aurait pu s'y attendre; mais un mélange qui paraissait être simplement de l'air atmosphérique. De sorte que de là, et de plusieurs autres particularités inutiles à rapporter, je suis porté à croire que ce n'était en effet que de l'air ordinaire emprisonné entre les couches du vernis alcoolique pendant l'imprégnation des papiers, et que le travail de décomposition opéré par l'eau, sous l'influence de la radiation, dégageait.

» Ces expériences avec les tubes fermés, et dans le vide humide, ont confirmé ce que j'avais reconnu d'ailleurs, que la matière jaune peut absorber et dissoudre de la matière bleuie qui lui est présentée en très petite proportion. Car les tubes étant exposés à la radiation dans une situation un peu inclinée à l'horizontale, on voyait se rassembler à leur extrémité inférieure de petites gouttes bleues, qui peu à peu s'y absorbaient et disparaissaient. La matière jaune gênait ainsi la coloration en bleu par son contact, comme on a pu le voir quand les papiers furent retirés. Car leur partie inférieure, qui y plongeait, était bien moins bleue que la supérieure, et même quelquefois tout-à-fait jaune. Mais je me suis assuré, en outre, que cette matière jaune non impressionnable exerce une influence très défavorable sur le bleuissement, en interceptant les éléments les plus efficaces

de la radiation. Car, ayant placé des papiers très impressionnables dans des tubes de verre remplis d'eau distillée, et les ayant tenus plongés en partie sous l'eau jaune pendant qu'ils recevaient la radiation, la portion plongée a été incomparablement moins impressionnée en bleu que l'autre, tandis qu'elle l'eût été à peu près de même si les tubes eussent été plongés ainsi dans l'eau, ou dans l'huile d'olive blanchie par une longue exposition au soleil, comme je l'avais aussi constaté. Il faut même que la radiation soit très efficace, et provienne d'un ciel serein, pour impressionner sensiblement les papiers en bleu, lorsqu'on la fait agir ainsi à travers le liquide jaune; ce qui fait comprendre pourquoi les papiers deviennent plus rapidement impressionnables quand ils ont été en partie débarrassés par l'action dissolvante de l'eau, même sans l'assistance de la radiation. Aussi, en étudiant la transmission de la lumière prismatique à travers des plaques formées de ce liquide jaune, trouve-t-on que, même avec une médiocre épaisseur et une densité très faible, il intercepte spécialement les rayons violets, par conséquent aussi les parties les plus réfrangibles de la radiation qui les accompagnent, et qui sont les plus efficaces pour déterminer la coloration en bleu de la matière changeante.

» Après que l'eau, aidée par l'assistance de la radiation, a enlevé ainsi au papier de gaïac une quantité notable de matière jaune, et que son action dissolvante paraît avoir atteint sa limite, on peut facilement s'assurer qu'elle est très loin de les en avoir complétement dépouillés. Car si l'on fait alors bouillir un instant ces papiers dans un tube de verre avec de nouvelle eau, celle-ci se charge encore d'une quantité considérable de matière jaune; après quoi le papier, remis dans de nouvelle eau, se montre plus impressionnable qu'auparavant, en prenant seulement une teinte bleue d'une intensité plus faible; et l'on peut ainsi débleuir plusieurs fois le papier par l'ébullition dans l'eau, et le rebleuir par la radiation, en lui enlevant toujours de la matière jaune, sa teinte devenant meilleure en s'affaiblissant. Cela prouve donc, d'abord, qu'il restait encore de cette matière dans le papier après son premier bleuissement; et, en outre, que le tissu du papier la retient un peu plus faiblement qu'il ne retient la matière bleuissante. Cette observation m'a donné le moyen d'obtenir plus facilement cette matière, de l'obtenir dans une proportion plus abondante, et moins mêlée avec la matière jaune qui s'oppose si fortement à son impressionnabilité.

» On remplit les deux premières conditions en prenant le bois même, ou, plutôt, ses râpures, comme tissu attractif. Pour cela, j'ai choisi les

râpures centrales de l'arbre qui abondent plus en résine que l'aubier, et qui s'impressionnent plus vivement sous l'eau, car elles vont à fond quand elles sont débarrassées de la couche d'air dont elles s'enveloppent. Je les place ainsi, sous l'eau, dans une capsule de porcelaine, que je pose elle-même au fond d'une bassine de métal beaucoup plus grande et pareillement remplie d'eau, que l'on verse doucement pour que les râpures restent au fond de la capsule. Alors, on fait chauffer cette eau graduellement jusqu'à l'ébullition, que l'on maintient plus ou moins long-temps; et, comme la résine se fond ou se ramollit, dans les râpures, on peut remuer celles-ci doucement avec un tube de verre, pour faire pénétrer l'eau entre elles, sans qu'elles sortent de la capsule. L'eau dissout ainsi une proportion considérable de la matière jaune que l'on enlève en la décantant; et la solution, concentrée séparément, donne cette matière isolée, ou en proportion dominante, avec tous les caractères que j'ai plus haut décrits. Les râpures étant alors lavées avec de nouvelle eau, dans la capsule même, on les égoutte et on les fait digérer quelques heures dans l'alcool concentré. On obtient ainsi déjà une teinture beaucoup plus riche en matière impressionnable; et si on l'emploie dans l'obscurité, après l'avoir filtrée, elle donne des papiers à peine jaunes, ou même sensiblement incolores s'ils sont minces, comme le papier à filtre de Suède. Mais ils sont tellement impressionnables qu'ils bleuissent dans l'obscurité si on les y laisse quelques heures, ou seulement un peu plus de temps qu'il ne faut pour l'évaporation de l'excès d'alcool qu'ils renferment. Toutefois, ils sont loin d'atteindre ainsi le degré d'intensité qu'ils peuvent prendre sous l'influence de la radiation; et l'on peut s'en convaincre par les exemples de ces deux cas, que je mets sous les yeux de l'Académie. Quant à la nature de la teinte, elle est d'un bleu très pur, sans mélange sensible de vert; ce qui prouve que la proportion de matière jaune non impressionnable y est du moins fort affaiblie (*).

» Néanmoins diverses épreuves délicates m'ont prouvé qu'ils contien-

(*) Lorsqu'on fait digérer plusieurs fois les mêmes râpures bouillies, avec des portions différentes d'alcool froid que l'on décante successivement, celles qui ont été le plus long-temps et le plus immédiatement en contact avec elles, donnent des papiers qui s'impressionnent toujours très vivement, mais avec une teinte sensiblement plus verte que les premiers, ce qui tient peut-être aux principes calcaires contenus dans les râpures, ou à ce que je n'aurais pas encore prolongé l'ébullition autant qu'il l'aurait fallu pour leur enlever toute la matière jaune dont leur tissu était imprégné, si toutefois cette soustraction totale est possible, sans enlever aussi la matière bleuissante.

nent encore des restes très notables de matière jaune. Car, par exemple, si on les expose à la radiation directe du soleil, ou à la chaleur communiquée, ils conservent, en se décolorant, une petite nuance jaunâtre; et, quand on les expose de nouveau à la radiation diffuse sous l'eau distillée, ce qui les fait promptement rebleuir, ils ne reprennent pas une nuance de bleu, comparativement si franche, qu'avant d'avoir subi l'action du soleil. Bien plus, si on les tient quelque temps dans l'eau distillée en ébullition, ils lui communiquent une teinte jaune verdâtre très marquée. Mais c'est encore la radiation diffuse elle-même qui m'a servi pour enlever une nouvelle quantité de matière jaune à ces teintures alcooliques où sa proportion est déjà fort diminuée. Les phénomènes auxquels cette épuration a donné lieu, sont différents dans l'eau de Nointel et dans l'eau d'Arcueil, quoique également efficaces dans l'une et dans l'autre.

» Lorsque l'on verse une certaine quantité de teinture de gaïac ordinaire dans une eau froide naturelle, distillée ou commune, on obtient une liqueur opaque qui passe laiteuse à travers les filtres les plus fins. Lorsqu'on laisse ce mélange dans l'obscurité, ce n'est qu'après un long repos que la résine se précipite en laissant l'eau colorée en vert jaunâtre. Si l'on essaie d'accélérer cet effet en exposant la liqueur à la radiation, elle s'impressionne seulement à sa surface externe; et, d'après ce que j'ai dit de l'obstacle opposé par la matière jaune, agissant soit comme écran, soit par contact, un tel résultat n'a rien que de très naturel. Si l'on agite la liqueur à plusieurs reprises, de manière à renouveler ainsi fréquemment sa surface externe, on parvient à multiplier assez les points bleuis pour qu'elle paraisse toute verte dans un vase de verre. Mais cet état n'est peut-être encore que superficiel; car la masse reste opaque, de sorte que la radiation ne peut la pénétrer.

» Pour éviter cet inconvénient, avec l'eau de Nointel, j'y mêle la teinture alcoolique en proportions assez petites pour que le mélange soit translucide dans un vase de verre, et je l'expose ainsi à la radiation. Après peu de temps tout le liquide bleuit; puis, on voit les parois du verre se couvrir intérieurement de petites bulles gazeuses, qui sont le signal d'une séparation. Bientôt on voit se former dans toute la masse du liquide de légers grumeaux bleus, qui tombent lentement au fond du verre, et laissent une eau purement jaune; se séparant ainsi d'une portion notable de matière jaune avec laquelle ils étaient antérieurement mêlés ou combinés. On peut alors les recueillir par décantation, ou les isoler par le filtre et les épurer par des lavages, car ils ne sont plus solubles dans l'eau. Si l'acte de la

séparation chimique tardait à s'opérer, parce que le liquide mixte ne serait pas assez perméable à la radiation actuelle, dont l'énergie est très inégale selon les heures et l'état du ciel, on le favoriserait en ajoutant au liquide un peu d'alcool qui le rendrait plus limpide; et la radiation y pénétrant avec facilité ne tarderait pas à désunir ces éléments.

» Les phénomènes sont autres avec l'eau d'Arcueil. Je n'y ai pas vu se former de bulles gazeuses. Toute sa masse verdit au lieu de bleuir et paraît rester encore ainsi perméable à la radiation. Car, lorsqu'elle a pris profondément cette couleur, l'attraction d'un filtre suffit pour séparer ses deux éléments, du moins après que le tissu du papier s'est un peu imprégné de la matière bleuie, pour laquelle il paraît avoir le plus d'attraction. Dès lors tout le reste du liquide verdi se sépare en filtrant; et la portion qui passe désormais est purement jaune, parfaitement limpide, et non impressionnable par le chlore. La matière restée sur le filtre peut en être complétement purgée par des lavages avec l'eau pure. Si l'on étend alors le filtre en l'exposant à la radiation, la matière se sèche en achevant de se colorer. Mais elle a un ton moins bleu et plus vert qu'on ne l'obtient par l'eau de Nointel, ce qui semble indiquer qu'elle est moins purgée de matière jaune non impressionnable.

» La matière bleuie, rassemblée ainsi sur les filtres, étant dissoute de nouveau dans l'alcool, lui communique d'abord sa teinte bleue. Mais cette teinte disparaît graduellement, après quelques heures, et est remplacée par un jaune-brun plus ou moins foncé, qui est la couleur de la résine même, à l'état solide, lorsqu'elle est purgée aussi bien que possible de matière jaune par un séjour prolongé dans l'eau bouillante. Cette teinture purifiée étant étendue sur des papiers, dans l'obscurité, les colore à peine en jaune; et, lorsqu'on les expose à la radiation sous l'eau après qu'ils sont secs, ils passent immédiatement à un bleu très beau, mais non pas plus beau que ne le donnent directement les râpures dépouillés de matière jaune par une forte ébullition. Même, la précipitation de la matière bleuie dans les eaux ainsi chargées de sels de chaux, ne s'opère probablement que par une combinaison qui se forme avec les principes de ces sels, et dans laquelle il entre encore beaucoup de matière jaune. Car si l'on fait évaporer au jour la teinte alcoolique qui en résulte, il reste une grande proportion de matière jaune qui redevient visible dans le résidu, si on le dissout dans l'alcool et qu'on l'applique de nouveau sur des papiers. J'ai rapporté ces effets chimiques de la radiation, pour leur intérêt propre, et non pas comme offrant, à beaucoup près, le meilleur procédé qu'on pût

découvrir pour extraire la matière impressionnable. Sans doute les chimistes trouveront bien aisément des moyens directs pour l'isoler et pour l'obtenir pure, s'ils veulent s'en occuper un moment; mon but ne pouvait être que de décrire exactement les modifications physiques que la radiation lui fait éprouver, et de fixer les caractères apparents de ce genre d'action.

» NOTE. — Je vais, en terminant, indiquer quelques phénomènes qui s'opèrent dans l'acte de la coloration du papier de gaïac, et qui m'ont paru mériter qu'on les remarquât.

» D'abord, des papiers teints en jaune par la solution alcoolique étant placés sous l'eau, si l'on fait traverser cette eau par le courant électrique d'une pile voltaïque, il contraint la matière jaune à se séparer, et à se dissoudre, tout aussi bien que la radiation ou l'ébullition. En opérant ainsi avec une pile composée seulement de douze disques argent et zinc, de la largeur d'une pièce de cinq francs, dont les fils polaires étaient en cuivre, les papiers antérieurement bleuis dans l'eau n'ont pas été modifiés. Mais des papiers non bleuis ont été fortement dépouillés de matière jaune, et se sont ensuite impressionnés très vivement à la radiation dans l'eau, sans y émettre plus rien de cette matière. La même épreuve ayant été répétée à Paris, avec une pile à éléments plus larges, dont les fils polaires étaient en platine, mais les communications intérieures très imparfaites, le même effet a eu lieu; et, en outre, les papiers se sont teints du plus beau bleu sous la pointe de chaque fil. La capsule qui les contenait était recouverte d'un papier, et l'expérience se faisait dans l'intérieur d'un laboratoire peu éclairé; de sorte qu'ils étaient suffisamment abrités de la radiation atmosphérique, pour que l'effet produit ne semble pas devoir lui être attribué. Cette radiation, lorsqu'elle bleuit le papier, agit donc, suivant la direction de chaque rayon, comme l'extrémité polaire de chaque fil de platine; peut-être, en excitant de même le mouvement intestin qui rend libre la matière impressionnable, et lui permet de bleuir par le contact de l'eau ou de l'air. Je me suis assuré, d'ailleurs, que le pouvoir efficace de la radiation se transmet en ligne droite, même sous l'eau. Car des écrans de carton opaque, simplement appliqués sur le papier, empêchent le bleuissement des points qu'ils recouvrent; de sorte qu'il n'y a pas de transmission latérale de l'action dans le liquide ambiant.

» Quand on imprègne des papiers avec la teinture alcoolique de gaïac dans l'obscurité, et qu'on les y laisse sécher spontanément, tout obstacle qui prévient l'évaporation de l'alcool, ou seulement qui la retarde, empêche, en ces endroits, l'accès de la matière impressionnable, qui se porte toujours vers les parties de la surface où l'évaporation est la plus libre. Par exemple, si, après avoir étendu la solution alcoolique sur une des faces du papier avec un pinceau, on le pose par l'autre face sur une capsule de verre pour le faire sécher, la matière impressionnable fuit la courbe de contact, et se porte en plus grande abondance sur sa projection à la face opposée; de sorte qu'après le bleuissement, le contour du support est marqué en blanc sur la ligne de contact, et en bleu plus foncé que partout ailleurs sur sa projection libre. Si l'on place le papier entre deux capsules dont les bords ne se recouvrent pas identiquement, une opposition pareille et aussi marquée se produit sur chaque contour. Je mets sous les yeux de l'Académie des exemples de ce fait singulier.

» Une de ses conséquences évidentes, c'est que lorsqu'on applique la teinture alcoolique sur une des faces du papier avec un pinceau, la matière impressionnable doit se porter de préférence sur la portion supérieure du liquide qui recouvre cette face, aussi longtemps qu'il n'est pas évaporé, laissant la matière jaune non impressionnable pénétrer plus profondément le tissu du papier et s'y attacher. C'est pourquoi, avant que l'évaporation ait été totalement opérée, et lorsque la matière impressionnable conserve encore la liberté de se mouvoir, si l'on prend un pinceau imbibé seulement d'alcool, et qu'on le passe rapidement sur les traits déjà tracés, dans une des parties du papier seulement, on emporte une proportion relativement beaucoup plus considérable de cette matière, qui se fixe alors sur les nouvelles parties du papier où on la conduit; de sorte que ces parties se montrent si vivement impressionnables, qu'elles se bleuissent spontanément, presque à l'instant même, dans l'obscurité la plus profonde, comme on le peut voir encore par les échantillons que je présente ici.

» Un effet analogue se produit quand on veut bleuir la résine de gaïac par le chlore après qu'elle a été précipitée de sa solution alcoolique par l'eau, et qu'elle s'en est séparée en se précipitant après un long contact, dans l'obscurité. Car si, après avoir décanté l'eau pour enlever ce qui a pu se dissoudre de la matière jaune, et l'avoir remplacée par de l'eau nouvelle, vous y ajoutez du chlore, vous aurez beau agiter la résine et la forcer à se répandre par suspension dans le liquide mixte, elle ne bleuira nullement. Mais si vous versez doucement sur ce mélange une couche d'alcool qui se tienne au-dessus de lui, vous verrez le bleuissement s'opérer dans la surface seule de contact de l'alcool avec l'eau, et aussi dans la surface supérieure de l'alcool où l'évaporation s'opère dans l'air. Mais il s'étendra instantanément à toute la masse si vous la mêlez par l'agitation. Ainsi l'acte de l'évaporation, ou de la combinaison entre l'alcool et l'eau, paraît être une condition nécessaire pour que le bleuissement par le chlore ait lieu; et comme il a lieu immédiatement sur des papiers teints de la solution alcoolique, même quand ils sont en apparence secs, il faut ou que l'alcool n'y soit pas encore complétement évaporé, ce qui est bien difficile à croire, ou que dans l'acte de l'évaporation, la matière impressionnable ait été mise à la surface externe de la couche dans une condition de liberté telle, que le chlore puisse la bleuir.

» On conçoit, d'après ces remarques, combien la sensibilité des substances impressionnables, et la variabilité de leurs teintes, doivent être modifiées par la nature des corps sur lesquels on les applique, et par les dispositions physiques momentanées ou permanentes que l'on peut imprimer à ces corps. Les nombreuses expériences faites par M. Chevreul sur l'application des matières colorantes, aux divers tissus composés de fibres animales ou végétales, montrent assez cette diversité infinie; et elle se manifeste également pour la matière impressionnable du gaïac, lorsqu'au lieu de prendre le papier pour support attractif, on l'applique sur la soie native ou sur des métaux. Il y a sans doute, dans ces contacts, toute une nouvelle physique à étudier. Mais il serait bien superflu de s'en occuper, lorsqu'elle paraît avoir été approfondie dans ses derniers détails, et suivie dans une variété infinie d'applications, par un habile et ingénieux expérimentateur, qui lui a consacré de longues années de recherches. On conçoit que je veux désigner ici M. Daguerre; et je ne puis mieux terminer ce Mémoire, qu'en exprimant les vœux les plus ardents, pour que la Chimie et la Physique moléculaires puissent bientôt profiter des nombreuses découvertes qu'il paraît avoir faites dans ce champ si nouveau et si inconnu. »

CHIMIE. — *Mémoire sur la constitution de quelques corps organiques et sur la théorie des substitutions; par* M. **Dumas**. — (Extrait.)

« La Chimie organique possède maintenant un certain nombre de règles, de théorèmes qui, résumant une grande masse de faits bien observés, élèvent au rang d'une science réelle cette branche de nos connaissances, abandonnée naguère à un véritable empirisme. Mais à côté de ces principes incontestés, il est des vues qui donnent encore prise à la discussion, et qui ont fait, devant cette Académie, l'objet de communications importantes : je veux parler de la constitution des acides organiques et de la théorie des substitutions, questions graves dont je me propose, à mon tour, de l'entretenir dans une suite de Mémoires. Celui-ci a principalement pour objet la théorie des substitutions; et d'abord qu'entend-on par théorie des substitutions ?

» On a reconnu, depuis quelques années, qu'une substance organique hydrogénée, qui est soumise à l'action de l'oxigène, du chlore, du brome ou de l'iode, et qui perd de l'hydrogène sous leur influence, prend presque toujours une quantité d'oxigène, de chlore, de brome ou d'iode, équivalente à celle de l'hydrogène qu'elle a abandonné.

» Dans le plus grand nombre des cas, le chlore qui s'engage ainsi dans le produit nouveau, perd ses propriétés caractéristiques. Il ne décolore plus, n'est plus précipité par le nitrate d'argent, n'est point absorbé par les alcalis; il devient latent, dissimulé.

» Ainsi, quand on traite l'huile de cannelle par le chlore, elle perd 8 vol. d'hydrogène, gagne 8 vol. de chlore, et donne ainsi naissance à un composé nouveau, dans lequel la présence du chlore ne se reconnaît qu'autant qu'on ramène, par une décomposition totale, la matière à ses éléments inorganiques.

» C'est cette règle qui a reçu le nom de *Théorie des substitutions* ou de *Métalepsie*. Depuis qu'elle a été reconnue, elle est devenue la base d'excellentes recherches, et elle a servi à démêler une foule de réactions qui seraient demeurées inexplicables. Nier l'existence de cette relation entre l'hydrogène qui s'en va et le chlore qui le remplace, ce serait nier l'évidence.

» Aussi n'est-ce pas à ce point de vue que j'ai cru devoir accepter la discussion ouverte par M. Berzélius au sujet de cette théorie. Si l'illustre chimiste suédois se fût borné à dire que le chlore ne remplace pas l'hydrogène, volume à volume, dans les corps qui ont été produits par subs-

titution, il aurait suffi de placer sous les yeux des chimistes le tableau des corps si nombreux dont l'analyse et la formation sont venues à l'appui de la règle qui nous occupe. Ils auraient été tous convaincus, à l'instant, de l'erreur commise à ce sujet; car on n'a pas touché, peut-être, à une seule substance organique depuis dix ans, sans faire naître, à dessein ou par hasard, quelque nouvelle matière formée par substitution.

» Mais ce n'est point là ce qui préoccupe M. Berzélius. Il veut bien accorder le fait comme un cas particulier, sans doute, de la théorie des équivalents. Il partage à cet égard une opinion souvent reproduite en Allemagne, et que je n'avais jamais cru nécessaire de réfuter, savoir, que la théorie des équivalents suffisait pour apprendre que l'hydrogène serait remplacé par son équivalent de chlore ou d'oxigène. Je ne saurais dire que le premier s'est servi de cette objection contre la théorie des substitutions; mais je n'ai jamais pu croire qu'elle fît quelque impression sur l'esprit des chimistes. N'est-il pas évident, en effet, que si un corps renferme 8 volumes d'hydrogène par exemple, la théorie des équivalents sera satisfaite, si l'on dit que le chlore les a enlevés sans les remplacer; qu'elle ne le sera pas moins, si on trouve qu'ils ont disparu et qu'il est resté à leur place 2, 4, 6 ou 8 volumes de chlore, ou bien encore 10, 12 ou 20 volumes de ce gaz. En un mot, pourvu que les quantités de chlore et d'hydrogène que le corps perd ou retient puissent s'exprimer par des équivalents quelconques, la théorie des équivalents s'en contenterait.

» Il n'en est pas ainsi de la métalepsie. Dans une réaction métaleptique, il faut que l'hydrogène enlevé soit exactement remplacé équivalent à équivalent, volume à volume, par le chlore, le brome ou l'iode qui arrivent. Tel est le sens, le caractère précis de cette loi, très bien compris de tous ceux qui en ont fait usage.

» Ils ont tous entendu que si un corps perd dans une réaction un litre d'hydrogène, il doit prendre un litre de chlore, de brome ou d'iode, un demi-litre d'oxigène, etc., pour que le phénomène appartienne à la métalepsie, aux substitutions proprement dites.

» Je regarderais donc comme superflue toute discussion sur ce point.

» Mais, ce n'est véritablement pas là non plus que l'objection de M. Berzélius s'adresse. Ce que l'illustre chimiste suédois ne saurait admettre, c'est que l'hydrogène puisse être remplacé par du chlore, du brome ou de l'oxigène; c'est qu'un corps aussi remarquable que l'hydrogène par ses propriétés électro-positives, puisse être remplacé par les corps les plus électro-négatifs que nous connaissions.

» L'objection est tellement naturelle que j'aime à penser qu'on croira, sur ma simple assertion, qu'elle s'est présentée à ma pensée bien longtemps avant qu'elle eût été énoncée, et dès le jour où j'ai observé les premiers faits de substitution. Il serait prématuré d'exposer ici à quelles conséquences son examen m'a conduit sous le point de vue théorique. Avant de me permettre quelques réflexions sur ce point, je tiens à prouver que je me suis fait un devoir d'en appeler de nouveau à l'expérience et de chercher dans la nature elle-même des faits décisifs.

» Or, il en est qui sont véritablement tels, et de ce nombre la production de l'acide remarquable dont je me propose d'entretenir aujourd'hui l'Académie. C'est un acide organique, en effet, car il s'agit du vinaigre, de l'acide acétique, dans lequel je suis parvenu à faire disparaître tout l'hydrogène et à le remplacer par du chlore. C'est donc du vinaigre sans hydrogène, du vinaigre chloré; mais chose remarquable, au moins pour ceux qui répugnent à trouver dans le chlore un corps capable de se substituer à l'hydrogène dans le sens exact et complet du mot, le vinaigre chloré est toujours un acide, comme le vinaigre ordinaire: son pouvoir acide n'a pas changé. Il sature la même quantité de base qu'auparavant; il la sature également bien, et les sels auxquels il donne naissance, comparés aux acétates, présentent des rapprochements pleins d'intérêt et de généralité.

» Voilà donc un nouvel acide organique dans lequel il entre une quantité de chlore très considérable, et qui n'offre aucune des réactions du chlore, dans lequel l'hydrogène a disparu, remplacé par du chlore, et qui n'a éprouvé de cette substitution si étrange qu'un léger changement dans ses propriétés physiques. Tous les caractères essentiels de la substance sont demeurés intacts; ceux qui se sont altérés ont éprouvé des modifications si nettes que l'on peut prévoir et calculer en quelque sorte toutes les propriétés du nouvel acide et celles des composés qu'il produit.

» Si la théorie des substitutions, si, pour employer un mot qui me paraît plus convenable, la métalepsie permet de prévoir la formation de ces combinaisons extraordinaires, si elle explique leurs moindres propriétés, si elle apprend à les produire, les chimistes penseront probablement qu'il importe peu que la métalepsie dérange quelque chose aux idées admises autrefois dans la science, ils comprendront qu'elle constitue une règle de réaction nouvelle, une loi de la nature, et qu'il faut la prendre en considération désormais.

» J'espère que l'examen attentif des faits que je vais avoir l'honneur de soumettre à l'Académie lèvera tous les doutes que la haute autorité de M. Berzélius pourrait avoir semés dans l'esprit des chimistes; et quand je dis que je l'espère, c'est parce que j'ai la conviction profonde que dans l'étude des phénomènes métaleptiques réside en grande partie l'avenir de la Chimie organique, et non que je me laisse préoccuper du désir de voir triompher les opinions que je professe.

» *Acide chloracétique.*—Parmi le nombre considérable d'épreuves auxquelles j'ai soumis l'acide acétique, pour étudier les modifications que le chlore peut lui faire subir, les seules qui aient eu un succès complet, sont celles qui ont consisté à soumettre l'acide acétique pur à l'action du chlore gazeux et sec sous l'influence directe des rayons solaires.

» Les produits de cette réaction sont compliqués, et je ne crains pas d'avouer qu'il m'a fallu à bien des reprises et pendant plusieurs années remanier de toutes les façons ces produits avant d'y démêler et d'en extraire à l'état de pureté la substance remarquable qui fait l'objet de ce Mémoire.

» Je prépare ordinairement pour l'obtenir du chlore sec dans des flacons à l'émeri de cinq ou six litres, et j'y introduis au plus neuf décigrammes d'acide acétique cristallisable par litre de chlore. Les bouchons étant fixés, on place les flacons dans un endroit où ils puissent recevoir les rayons solaires directs pendant toute la journée. Bientôt des vapeurs blanches se développent dans le vase, des gouttelettes d'une liqueur dense se condensent à sa partie supérieure et le chlore disparaît peu à peu. Dans les journées chaudes de l'été, la réaction est même assez rapide pour que les flacons puissent faire explosion. Cet accident est assez rare néanmoins et ne se présente jamais dans les premiers moments de leur exposition au soleil. Si l'on abandonne les flacons à eux-mêmes, on les retrouve le lendemain tapissés d'une substance cristallisée en partie sous la forme du givre qui se dépose en hiver sur les vitres, en partie sous la forme de rhomboèdres très réguliers et d'un grand volume. Il reste toujours au fond du vase une portion plus ou moins considérable d'un liquide dense. Les cristaux constituent l'acide chloracétique.

» Quand on ouvre les flacons, il s'en échappe un gaz qui évidemment y était comprimé et qui se compose d'acide hydro-chlorique en grande quantité, d'acide carbonique, enfin d'une vapeur irritante et suffocante fort analogue au gaz chloro-carbonique.

» Il faut abandonner les flacons ouverts à l'air pendant quelques heures, pour expulser tous ces gaz. Si l'on prolonge cette action de l'air humide,

les cristaux déposés sur les parois de ces vases tombent en déliquescence et il se réunit au fond de ceux-ci une dissolution très concentrée d'acide chloracétique. Par ce moyen, on reconnaît qu'indépendamment des cristaux d'acide chloracétique, il existe sur les parois des flacons une petite quantité d'un produit cristallisé non déliquescent, facile à reconnaître d'ailleurs pour de l'acide oxalique pur.

» Ordinairement, au lieu de laisser l'acide chloracétique tomber en déliquescence, je préfère laver immédiatement les flacons avec trente ou quarante grammes d'eau que je passe successivement dans chacun d'eux, ce qui me fournit à la fin une dissolution très chargée d'acide chloracétique, si j'ai opéré sur quinze ou vingt flacons.

» J'expose cette dissolution dans le vide, à côté d'un vase rempli de potasse caustique en morceaux et d'un autre contenant de l'acide sulfurique concentré.

» La liqueur se débarrasse ainsi, de l'eau, de l'acide chlorhydrique et d'une portion de l'acide acétique non décomposé qu'elle contenait encore.

» L'acide oxalique, qu'elle renferme toujours, cristallise le premier, puis l'acide chloracétique : celui-ci donne naissance ordinairement à de beaux cristaux rhomboédriques de la plus parfaite netteté.

» Si la liqueur refuse de cristalliser, je la distille avec une certaine quantité d'acide phosphorique anhydre, qui s'empare d'un peu d'eau, qui décompose l'acide oxalique, et qui n'agit nullement sur l'acide chloracétique. Comme l'acide acétique est plus volatil que l'acide chloracétique, je recueille à part les derniers produits qui, placés dans le vide, ne tardent pas à s'y prendre en masse cristalline.

» Ainsi obtenus, les cristaux retiennent encore de l'acide acétique interposé. Pour les débarrasser de cet acide qui causerait des erreurs notables dans toutes les analyses, je me suis long-temps épuisé en tentatives inutiles, qui m'ont fait perdre beaucoup de matière. Enfin, j'y ai réussi par le procédé le plus simple. Il suffit, en effet, de placer les cristaux sur quelques doubles de papier joseph dans le vide; au bout de vingt-quatre heures, les cristaux ont complétement perdu leur acide acétique qui s'est imbibé dans le papier.

» Ainsi préparé, l'acide chloracétique reste sur les papiers en cristaux secs et parfaitement purs.

» L'acide chloracétique est incolore, doué d'un peu d'odeur à froid, d'une saveur caustique et âpre, très déliquescent, et par conséquent très

soluble dans l'eau. Il blanchit la langue; mis en contact avec la peau, il la désorganise, et du jour au lendemain, toutes les parties atteintes se dépouillent complétement. Une quantité d'acide un peu forte placée sur la peau et abandonnée à elle-même détermine une véritable vésication. La vapeur de cet acide est très irritante, suffocante et fort pénible à respirer, même à faible dose.

» Il est franchement et fortement acide; il ne décolore nullement la teinture de tournesol ni les autres couleurs végétales, soit immédiatement, soit par un contact prolongé.

» L'acide chloracétique entre en fusion à 46° cent. (1); il bout à 195 ou 200°, sans éprouver la moindre altération. Si l'on dirige sa vapeur dans un ballon froid, elle s'y condense en un givre d'un éclat argentin.

» Sa densité prise à 46°, c'est-à-dire à son point de fusion, est égale à 1,617, celle de l'eau distillée à 15° étant prise pour unité.

» La densité de sa vapeur m'a paru telle que chaque atome d'acide représenterait quatre volumes de vapeur.

» Dans une première série d'analyses, j'ai obtenu les résultats suivants :

I. 0,282 d'acide chloracétique ont donné 0,154 acide carbonique et 0,021 eau;
II. 0,875 d'un autre produit ont fourni 0,494 acide carbonique et 0,059 eau;
0,312 de ce dernier ont produit 0,796 chlorure d'argent.

» Plus tard, j'ai repris de nouvelles analyses de cet acide et j'en ai obtenu des résultats tout-à-fait semblables à ceux qui précèdent.

III. 0,632 d'acide ont produit 0,353 acide carbonique et 0,051 eau;
IV. 0,739 du même ont fourni 0,413 acide carbonique et 0,058 eau;
0,733 ont produit 1,885 chlorure d'argent.

» Ces diverses analyses conduisent aux nombres suivants:

	I.	II.	III.	IV.
Carbone.......	15,1.....	15,6......	15,4.....	15,4
Hydrogène.....	0,8.....	0,7......	0,8.....	0,8
Chlore........	»	63,8......	»	63,7
Oxigène.......	»	19,9......	»	20,1
		100,0		100,0

(*) Je fixe le point de fusion à 46°, parce que l'acide étant fondu commence à cristalliser à 45° et remonte à 46° quand on agite la masse. Cependant, avant que tout le produit se soit solidifié, le thermomètre descend au moins à 42° ou 43°, par la même raison sans doute que l'acide acétique exige lui-même pour sa solidification complète une température bien plus basse que son point de fusion réel.

» Il est impossible de tirer de ces analyses une autre formule que celle qui représente de l'acide acétique hydraté dont l'hydrogène aurait été remplacé par du chlore et qui consisterait ainsi en $C^8Ch^6O^3H^2O$. Celle-ci donnerait, en effet,

C^8	306,08	14,95
Ch^6	1327,92	64,88
H^2	12,50	0,61
O^4	400,00	19,56
	2046,50	100,00

» *Chloracétate d'argent.* Si l'on met de l'oxide d'argent humide dans une dissolution concentrée et froide d'acide chloracétique, on le voit se transformer en paillettes grises de chloracétate d'argent. Si l'on ajoute un peu d'eau, ce sel se dissout, et en évaporant la liqueur à froid dans le vide sec et à l'abri de la lumière, on obtient du chloracétate d'argent en petits cristaux grenus ou en plaques cristallines.

» Ce sel est peu soluble, très altérable à la lumière et se recommande sous ce point de vue à l'attention des physiciens.

» Chauffé sur une feuille de papier, il fuse brusquement en répandant des vapeurs douées de l'odeur de l'acide chloracétique et en laissant pour résidu des végétations de chlorure d'argent pur. Aussi ne pourrait-on pas en faire l'analyse par la chaleur; une partie de la matière serait nécessairement projetée. Mais si l'on arrose ce sel d'alcool et qu'on allume ce dernier, il détermine la décomposition lente du sel, et le chlorure d'argent reste pur et tout entier dans la capsule.

» C'est par ce moyen que les analyses suivantes ont été exécutées sur un sel desséché dans le vide à froid.

I. 0,440 ont donné 0,235 chlorure d'argent;
II. 1,000 ont produit 0,009 eau et 0,322 acide carbonique;
III. 0,300 ont donné 0,159 chlorure d'argent;
IV. 1,000 ont produit 0,007 eau et 0,325 acide carbonique.

» On tire de ces divers nombres les résultats suivants :

	I et II.	III et IV.
Carbone	8,91	8,99
Hydrogène	0,09	0,07
Argent	39,99	39,99
Chlore et Oxigène	51,01	51,05
	100,00	100,00

» La quantité d'hydrogène est trop faible pour qu'on puisse hésiter sur

la constitution de ce sel; il est évident qu'il est anhydre. Sa formule est donc représentée par $C^8Ch^6O^3AgO$.

» Celle-ci conduit, en effet, aux nombres suivants:

C^8.......	306,08	9,04
Ch^6......	1327,92	39,23
O^4.......	400,00	11,82
Ag......	1351,00	39,91
	3385,00	100,00

» *Chloracétate méthylique.* L'acide chloracétique possède une disposition éminente à s'éthérifier. Aussi, lorsqu'on distille ensemble de l'esprit de bois, de l'acide chloracétique et un peu d'acide sulfurique, est-on sûr d'obtenir exactement la quantité de chloracétate de méthylène correspondant à l'acide employé. Le produit distillé étant étendu d'eau, laisse déposer la nouvelle matière sous forme d'un liquide huileux, incolore, plus dense que l'eau et d'une odeur agréable de menthe qui rappelle celle de l'huile chloralcoolique.

0,553 ont donné 0,097 eau et 0,431 acide carbonique, d'où l'on déduit

Carbone.........	21,5
Hydrogène.......	1,7
Chlore, Oxigène	76,8
	100,0

Par le calcul on aurait, d'après la formule $C^8Ch^6O^3,C^4H^6O$,

C^{12}.......	459,12	20,70
Ch^6.......	1327,92	59,69
H^6.......	37,50	1,68
O^4.......	400,00	17,93
	2224,54	100,00

» *Éther chloracétique.* On l'obtient facilement en distillant ensemble de l'alcool, de l'acide chloracétique et de l'acide sulfurique, ou bien de l'alcool, de l'acide sulfurique et un chloracétate alcalin. Le produit volatil étendu d'eau laisse déposer une substance oléagineuse, incolore, d'une odeur de menthe fort analogue à celle de l'huile chloralcoolique.

I. 0,451 ont donné 0,427 acide carbonique et 0,115 eau;

II. 0,457 d'une autre préparation ont fourni 1,007 chlorure d'argent. D'où l'on tire :

Carbone........	26,19
Hydrogène......	2,80
Chlore.........	54,36
Oxigène........	16,65
	100,00

» La composition de ce corps, d'après la formule générale des éthers $C^8Ch^6O^3,C^8H^{10}O$, donnerait les résultats suivants :

C^{16}.......	612,16	25,3
H^{10}.......	62,50	2,5
Ch^6.......	1327,92	54,9
O^4.......	400,00	17,3
	2402,58	100,0

» *Chloracétate d'ammoniaque.* Si l'on sature l'acide chloracétique dissous par l'ammoniaque, et qu'on expose la liqueur à froid dans le vide ou même à l'air libre, il s'y forme bientôt des cristaux nombreux de chloracétate d'ammoniaque.

» Ce sel desséché à l'air, présente la composition suivante :

C^8.........	306,0	10,8
Ch^6.........	1326,9 }	
O^8.........	800,0 }	79,1
H^{18}.........	112,5	3,9
Az^2.........	177,0	6,2
	2722,4	100,0

» *Chloracétate de potasse.* C'est un sel très facile à obtenir ; il suffit de neutraliser l'acide chloracétique par le carbonate de potasse et d'abandonner la liqueur à une évaporation spontanée. Le sel cristallise en fibres soyeuses qui, égouttées sur des papiers, se conservent à l'air sans altération. Néanmoins, dans un air humide, elles prennent un peu d'eau, mais elles ne rappellent en rien la déliquescence de l'acétate de potasse.

» La composition de ce sel correspond à la formule $C^8Ch^6O^3,KO,2H^2O$.

» Ce sel se détruit à la plus faible chaleur avec une sorte d'explosion.

» Parmi les réactions de l'acide chloracétique, l'une des plus remarquables est sans contredit celle qu'exercent sur lui les alcalis.

» Quand on fait bouillir ensemble de l'acide chloracétique et un excès d'ammoniaque, il se dégage un liquide huileux plus pesant que l'eau, facile à reconnaître pour du chloroforme, et en même temps il se produit du carbonate d'ammoniaque qui se volatilise et qui vient cristalliser dans le récipient. Il ne reste aucun résidu.

» Quoique le chloroforme soit un corps assez facile à définir, j'ai pensé toutefois qu'en une étude aussi délicate, il fallait constater sa nature exacte par une analyse.

» 0,579 ont donné 0,050 d'eau et 0,214 d'acide carbonique; ce qui représente :

Carbone....	10,25....	C^4	10,24
Hydrogène..	0,96....	H^2	0,83
Chlore.....	88,79....	Ch^6	88,93
	100,00		100,00

» Ainsi l'acide chloracétique se comporte comme le chloral, en ce sens que sa molécule se dédouble pour produire de l'acide carbonique et du chloroforme, selon l'équation suivante :

$$C^8Ch^6H^2O^4 = C^4O^4 + C^8H^2Ch^6.$$

» Il faut un certain excès d'alcali pour que cette décomposition s'effectue d'une manière bien complète, ce qui s'explique aisément puisque chaque atome d'acide chloracétique tend à fournir deux atomes d'acide carbonique.

» Si l'on substitue à l'ammoniaque de la potasse caustique en excès et qu'on élève la température, il arrive un moment où la liqueur entre en ébullition et où l'ébullition se maintient d'elle-même par suite de la réaction. Il se dégage encore du chloroforme, mais moins qu'avec l'ammoniaque.

» Les chimistes qui doutent encore de la réaction remarquable du chloroforme sur les alcalis, en vertu de laquelle ce corps produit un chlorure et un formiate, trouveraient dans l'action de l'acide chloracétique sur la potasse un moyen facile et certain de dissiper leurs doutes. En effet, si l'on concentre un peu la liqueur alcaline, elle donne par le refroidissement une abondante cristallisation de chlorure de potassium. Le liquide séparé des cristaux exerce sur le nitrate d'argent la réaction des formiates de la manière la plus intense.

» Ainsi, quand on fait agir l'acide chloracétique sur la potasse, il se produit à la fois du carbonate de potasse, du chloroforme, du formiate et du chlorure de potassium. Les deux premiers produits sont primitifs, les deux derniers sont secondaires et résultent évidemment de l'action que les alcalis exercent sur le chloroforme.

» L'acide chloracétique mis en contact avec la baryte, donne par l'ébullition du carbonate de baryte qui se dépose, de l'acide carbonique qui se dégage.

» Parmi les opinions que peut faire naître la découverte et l'étude de l'acide chloracétique, les chimistes me pardonneront, je pense, de m'être arrêté à la plus simple, à celle qui se présente le plus naturellement à l'esprit, sans me préoccuper du besoin de satisfaire à des théories qui m'auraient entraîné dans des explications plus ou moins contournées.

» Laissant donc à l'acide acétique son ancienne formule $C^8H^6O^3,H^2O$, je dis que dans ce corps, pris pour type, l'hydrogène peut être remplacé par du chlore, et qu'il en résulte le composé $C^8Ch^6O^3,H^2O$, que j'appelle acide chloracétique.

» Je suis convaincu qu'à la place du chlore on pourra faire entrer du brome, de l'iode, du soufre, et peut-être de l'oxigène; je ne doute point que tous ces corps simples ne puissent être remplacés par certains corps composés qui font, comme on sait, fonction de corps simples dans beaucoup d'occasions. De là une source féconde de corps nouveaux ou d'explications nouvelles pour certains phénomènes connus.

» On comprend maintenant ce que c'est qu'une substance sur la nature de laquelle j'ai contribué à fixer l'opinion des chimistes; je veux parler de ce produit auquel on donne naissance en traitant l'alcool par le chlore, et que l'on nomme chloral.

» En effet, l'oxidation de l'alcool fournit une matière qui est connue sous le nom d'aldéhyde et qui est à l'égard du chloral ce que le vinaigre est à l'acide chloracétique; car on a

C^8H^6O,H^2O..... aldéhyde,
C^8Ch^6O,H^2O.... choraldéhyde,
$C^8H^6O^3H^2O$..... acide acétique,
$C^8Ch^6O^3,H^2O$.... acide chloracétique.

» Et si, reprenant les choses de plus haut, je donne à ces deux exemples si clairs et si concluants la force d'une généralité, je me trouve conduit à rappeler le principe d'où je suis parti, savoir que dans les corps organiques, il existe certains types dans lesquels on peut remplacer l'hydrogène par du chlore, sans que le type soit altéré dans ses qualités essentielles.

» Dans ce qui précède, je n'ai pas pris en considération le caractère commun à l'acide chloracétique et à la chloraldéhyde de se décomposer sous l'influence des alcalis en donnant tous les deux naissance à du chloroforme. Si l'on voulait donner à ce fait plus d'importance et lui attribuer une signification sérieuse relativement à la formule de ces corps, on serait conduit à une hypothèse qui trouvera peut-être des partisans.

En appelant C^4H^2...... le radical formique
$C^4H^2O^3$.... l'acide formique
$C^4H^2Ch^6$... l'acide formiochlorique
$C^4H^2H^6$.... serait l'ammoniaque formique
$C^4O^4, C^4H^2H^6$.... l'acide acétique
$C^4O^4, C^4H^2Ch^6$... l'acide chloracétique
$C^4O^2, C^4H^2H^6$.... l'aldéhyde
$C^4O^2, C^4H^2Ch^6$... le chloraldéhyde.

» La valeur d'une réaction semblable à celle que les alcalis produisent sur l'acide chloracétique et la chloraldéhyde ne doit pas être exagérée, quand on voit la manière d'agir des alcalis sur l'éther chloré de M. Malaguti.

» En effet, un chimiste qui aurait obtenu l'éther chloré isolé, sans connaître sa manière d'être dans les éthers composés, aurait été fort tenté d'y voir un corps appartenant au type de l'acide acétique anhydre. Car

$$C^8H^6O^3 \text{ acide acétique anhydre}$$
$$= \left.\begin{matrix} C^8H^6O \\ Ch^4 \end{matrix}\right\} \text{éther chloré.}$$

» Les soupçons se fussent changés en certitude, s'il avait vu l'éther chloré se convertir, sous l'influence de la potasse, en chlorure de potassium et acétate de potasse.

» Mais quand on sait que dans l'acétate d'éther traité par le chlore, l'éther chloré prend la place et joue le rôle de l'éther ordinaire, on sent de suite la nécessité de considérer l'éther ordinaire $C^8H^{10}O$ comme un type, et l'éther chloré, le chloréther $C^8H^6Ch^4O$ comme une modification du même type, abstraction faite des décompositions que divers agents peuvent lui faire subir et dans lesquelles le type disparaît et perd la spécialité qui le caractérise.

» Aux exemples que j'ai été conduit à citer dans le cours de ce Mémoire, j'en ajoute un encore, et je le trouve dans les belles et importantes recherches de M. Regnault, sur la liqueur des Hollandais. Ce chimiste, dont l'Académie connaît toute l'habileté, a prouvé par des expériences rigoureuses, que le gaz oléfiant peut perdre deux volumes d'hydrogène, prendre deux volumes de chlore, et qu'il produit ainsi un gaz nouveau que j'appelle *gaz chloroléfiant*, qui se combine avec un équivalent d'acide hydro-chlorique pour former la liqueur des Hollandais, tout comme le gaz oléfiant produit par la même combinaison l'éther hydro-chlorique.

» Ainsi, l'acide acétique, l'aldéhyde, l'éther, le gaz oléfiant perdant de

l'hydrogène et prenant du chlore en volume égal, produisent des corps appartenant au même type qu'eux, l'acide chloracétique, le chloraldéhyde, le chloréther, le gaz chloroléfiant.

» Dans tous ces corps, le chlore, en prenant la place de l'hydrogène, n'a rien changé aux propriétés du composé, qu'il fût acide, base ou corps neutre, car il est demeuré acide, corps neutre ou base, et il a même conservé son pouvoir saturant exact.

» C'est que l'introduction du chlore à la place de l'hydrogène, ne change en rien les propriétés extérieures de la molécule. Si les propriétés intérieures se modifient, cette modification n'apparaît qu'autant qu'une force nouvelle intervenant, la molécule elle-même se trouve détruite et transformée en de nouveaux produits dans lesquels chaque corps élémentaire reprend alors les pouvoirs affinitaires qui lui sont propres, et donne naissance aux combinaisons les plus stables qui se puissent former.

» Il est évident qu'en m'arrêtant à ce système d'idées dicté par les faits, je n'ai pris en rien en considération, les théories électro-chimiques sur lesquelles M. Berzélius a généralement basé les idées qui dominent dans les opinions que cet illustre chimiste a cherché à faire prévaloir.

» Mais ces idées électro-chimiques, cette polarité spéciale attribuée aux molécules des corps simples, reposent-elles donc sur des faits tellement évidents qu'il faille les ériger en articles de foi? Ou, du moins, s'il faut y voir des hypothèses, ont-elles la propriété de se plier aux faits, de les expliquer, de les faire prévoir avec une sûreté si parfaite qu'on en ait tiré un grand secours dans les recherches de la Chimie?

» Il faut bien en convenir, il n'en est rien : ce qui nous sert, ce qui nous guide en Chimie minérale, c'est l'isomorphisme, théorie fondée sur les faits, comme on sait, et fort peu d'accord, comme on sait encore, avec la théorie électro-chimique.

» Eh bien! en Chimie organique, la théorie des substitutions joue le même rôle que l'isomorphisme en Chimie minérale, et peut-être un jour trouvera-t-on par l'expérience, que ces deux vues générales se lient d'une manière étroite, dérivent de la même cause et peuvent se généraliser sous une expression commune.

» Pour le moment, de la conversion de l'acide acétique en acide chloracétique, de celle de l'aldéhyde en chloraldéhyde, de ce fait que tout l'hydrogène de ces corps est remplacé par du chlore en volume égal, sans que leur caractère fondamental soit changé, il faut bien conclure :

» *Qu'en Chimie organique il existe certains* types *qui se conservent alors*

même qu'à la place de l'hydrogène qu'ils renferment on vient à introduire des volumes égaux de chlore, de brome ou d'iode ;

» C'est-à-dire que la théorie des substitutions repose sur des faits, et sur les faits les plus éclatants de la Chimie organique. »

M. Biot présente verbalement les réflexions suivantes au sujet du Mémoire précédent.

« En faisant connaître à l'Académie l'acide nouveau qu'il vient de former sous l'influence de la radiation solaire, et offrant aux physiciens une des combinaisons de cet acide qui se trouve très vivement impressionnable par la même influence, M. *Dumas* a donné un nouvel intérêt à la question importante de savoir quelle partie spéciale de cette radiation agit ici sur le chlore pour lui faire remplacer l'hydrogène dans l'acide acétique; et si elle est, ou non, identique à celle qui le force avec tant de violence à se combiner avec le même gaz, quand il est seul avec lui. Car la radiation solaire directe étant complexe dans sa composition physique, et quelques-unes de ses parties exerçant même des actions opposées sur certaines substances, par exemple sur la résine de gaïac, il devient extrêmement nécessaire de déterminer quelle est la portion spéciale, simple ou multiple, qui devient efficace dans chaque cas particulier. C'est à quoi l'on arriverait soit par le prisme, soit plus aisément par l'emploi d'écrans de diverses natures, convenablement choisis. Et il semble bien à désirer que des indications de ce genre soient désormais jointes à la description des combinaisons ainsi opérées. »

Quelques remarques sur la contagion de la Muscardine, à l'occasion d'une lettre de M. de Bonafous, *faisant connaître les heureux résultats obtenus par M. Poidebard, dans la magnanerie de M. le comte de Demidoff; par* **M. Victor Audouin.**

« Une des questions les plus curieuses du règne organique a été traitée et résolue dans le sein de cette Académie; on y a démontré qu'une maladie, la Muscardine, à laquelle succombent annuellement tant de milliers de vers à soie, était due à une plante de la famille des Cryptogames, qui se développait pendant la vie à l'intérieur de leur corps, et dans leur tissu graisseux; il a été prouvé en même temps, par des expériences nombreuses et décisives, que cette affection singulière était contagieuse.

» Quoique ces résultats scientifiques aient été constatés de la manière la

plus évidente, on devait craindre qu'ils ne portassent pas immédiatement leur fruit, et que la pratique n'en tenant aucun compte, se retranchât dans ses anciennes et vicieuses méthodes. Pour l'amener à les changer, il fallait lui en démontrer tous les dangers; c'est ce qu'ont très bien compris plusieurs grands éducateurs, qui se sont attachés, avec une louable persévérance, à réunir les faits capables de prouver que le principe de la Muscardine est essentiellement contagieux, et que s'il ne se montre pas toujours sur les points où on le transporte avec tant d'imprudence, c'est que les circonstances ne sont pas toujours favorables à son développement.

» Cette double proposition est suffisamment démontrée par beaucoup d'exemples qui sont publiés dans les recueils spéciaux pour l'industrie séricicole, et chaque jour j'en apprends de nouveaux par la correspondance que j'entretiens avec les personnes qui s'occupent de cet important sujet. Parmi elles, je citerai un de nos honorables correspondants, M. Bonafous, qui, dans une lettre datée du 21 janvier, me signalait un fait curieux qu'il me chargeait de communiquer à l'Académie.

« Voici, me disait-il, une observation à l'appui de tant d'autres que j'ai » faites, lorsque je suis allé dernièrement présider le Comice agricole de » Toscane; elle intéressera sans doute l'Académie des Sciences; veuillez » lui en faire part.

» Un agronome très connu du département du Rhône, M. Poidebard, » qui possédait aux portes de Lyon une magnanerie célèbre, voyait ses » ateliers ravagés par la Muscardine, quand appelé il y a trois ans à » diriger le bel établissement séricicole que M. le comte de Demidoff a » fondé aux environs de Florence, il y transporta cette même graine qui » chaque année lui donnait des muscardins. Gouvernés dans cette magna- » nerie-modèle par les procédés hygiéniques que vous connaissez et qui » s'opposent si efficacement au développement du cryptogame, aucun de » ces vers n'a plus été atteint par la maladie. »

» M. le comte de Demidoff étant présent à la séance dans laquelle je comptais donner communication du passage de la lettre de M. Bonafous, je lui adressai quelques questions sur son établissement de San Donato près de Florence. Il voulut bien y répondre immédiatement; mais il crut plus convenable encore de demander à M. Poidebard lui-même des renseignements précis. Il vient de me transmettre la réponse qu'il en a reçue, elle confirme le fait annoncé par M. Bonafous; je ne reviendrai donc pas sur ce fait, mais elle relate en outre quelques observations particulières à l'éducation des vers à soie, qui, parce qu'elles proviennent d'un

praticien expérimenté, me semblent mériter l'attention de l'Académie. Voici ce que M. Poidebard écrit à M. le comte de Demidoff :

« Il est résulté des expériences et des observations répétées que j'ai faites » dans ma magnanerie (la magnanerie des environs de Lyon) une re- » marque importante : c'est que dans une magnanerie infestée annuelle- » ment de la muscardine, on peut néanmoins obtenir de bonnes récoltes » en devançant le moment de l'invasion et du développement de la ma- » ladie par l'accélération de l'éducation des vers, lesquels ont le temps » d'achever leurs cocons avant que le germe de la contagion n'ait fait assez » de progrès pour occasioner la mortalité générale.

» Voici sur quelles expériences se fonde mon opinion :

» 1°. Les vers à soie de race blanche, dite *sina*, dont l'existence n'ex- » cède pas trente jours, à compter de la naissance jusqu'à la montée, c'est- » à-dire la formation du cocon, ont été constamment moins maltraités que » ceux de race jaune, dont l'existence est plus longue de dix jours;

» 2°. Les vers à soie les plus hâtifs, parmi les blancs, n'étaient nulle- » ment atteints par la maladie;

» 3°. Ceux un peu tardifs en étaient atteints, mais en petit nombre;

» 4°. Les plus paresseux périssaient dans une bien plus grande pro- » portion;

» 5°. Enfin les vers à soie jaunes, beaucoup plus tardifs, succombaient » presque tous. »

» Revenant au fait qui s'est passé aux environs de Florence, dans la magnanerie de M. le comte de Demidoff, je dirai qu'il n'est pas isolé et que j'en connais plusieurs analogues qui tendent à établir que le principe muscardinique peut rester inerte pendant des années entières, et tant que les circonstances ne viennent pas favoriser son développement. Or, cette propriété de rester tantôt inerte et tantôt de se développer, qui s'explique très bien maintenant qu'il a été prouvé que ce principe n'est autre chose qu'un germe végétal, a donné lieu à une interprétation très fausse et très fâcheuse de la part d'un grand nombre de praticiens qui, s'appuyant sur des cas semblables, soutiennent que la Muscardine n'est pas contagieuse. De là l'incurie qui la propage avec une si effrayante rapidité ; de là tant de méthodes vicieuses dont la plus funeste sans doute consiste dans l'exposition sur la voie publique, au milieu des villages où chaque maison, à une certaine époque de l'année, est convertie en magnanerie, de ces litières infestées qui renferment par milliers les vers qui ont succombé au fléau. On conçoit combien il serait important de faire

admettre, comme une vérité incontestable, que la contagion est un des caractères les plus constants de la muscardine, et c'est ici le cas où l'autorité administrative devra certainement intervenir pour faire cesser de si dangereux usages. D'un autre côté, il faudra consigner avec soin et donner la plus grande publicité aux observations recueillies par la grande pratique; plus efficaces auprès des éducateurs que les préceptes de la science, elles finiront peut-être par vaincre leur apathie et triompher de leur résistance. Parmi les faits que j'ai recueillis, et qui pourraient, s'ils étaient généralement connus, amener cet heureux résultat, j'en citerai un seul qui me paraît concluant; il a été communiqué récemment à la Société d'Agriculture de la Drôme, par un de ses membres les plus distingués, M. de Cordoue. Un propriétaire de ce département avait établi en 1838, suivant son usage, une éducation considérable de vers à soie; elle était dans un état très satisfaisant. Cependant il se voit contraint, par suite d'une gelée printannière qui avait frappé ses plantations de mûrier, d'acheter des feuilles, au moment de la briffe, c'est-à-dire à l'époque où les vers à soie, prêts à filer leur cocon, consomment davantage. Il apprend qu'à deux lieues de là une magnanerie vient de manquer : la totalité des vers a succombé à la muscardine.

» Cependant il conclut son marché avec le propriétaire des mûriers, restés pour ce motif sans emploi, et bientôt il envoie cueillir les feuilles sur les arbres. Les ouvriers en reviennent chargés. On les distribue aux vers; mais à peine quelques jours sont-ils écoulés, que ce bel atelier, dans lequel jamais à aucune époque on n'avait eu de vers malades, est envahi par la muscardine.

» Alors des questions sont adressées aux ouvriers qui avaient fait la récolte des feuilles, et l'on apprend qu'ils ont eu la curiosité d'entrer un instant dans la magnanerie infestée, afin d'y voir les vers muscardins qui y étaient encore gisant sur leur litière.

» Un fait de ce genre, s'il était isolé, pourrait ne pas être regardé comme une preuve décisive de contagion par transmission; mais en est-il ainsi lorsqu'on sait qu'il confirme les résultats obtenus par des expériences nombreuses qui ont été exécutées suivant les règles les plus sévères de la science? »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Note sur quelques intégrales définies; par* M. LIOUVILLE.

« M. Liouville considère d'abord l'intégrale multiple

$$V = \int x^{a-1} y^{b-1} \ldots z^{c-1}\, dx dy \ldots dz,$$

dans laquelle les variables $x, y, \ldots z$ doivent prendre toutes les valeurs positives qui satisfont à l'inégalité

$$\left(\frac{x}{\alpha}\right)^p + \left(\frac{y}{\beta}\right)^q + \ldots + \left(\frac{z}{\gamma}\right)^r < 1:$$

$a, b, \ldots c$; $\alpha, \beta, \ldots \gamma$; $p, q, \ldots r$, sont des constantes positives. Par deux méthodes différentes, l'auteur est conduit à la formule

$$V = \frac{\alpha^a \beta^b \ldots \gamma^c}{pq \ldots r} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{a}{p}\right) \Gamma\left(\frac{b}{q}\right) \ldots \Gamma\left(\frac{c}{r}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{a}{p} + \frac{b}{q} + \ldots + \frac{c}{r}\right)},$$

que M. Dirichlet a donnée dans un des derniers *Comptes rendus*. M. Liouville généralise ensuite cette formule, et il en obtient d'autres qui peuvent servir à résoudre divers problèmes. Par exemple, étant donnée une fonction $f(\mu)$ qui s'évanouit pour $\mu = r$, il se propose de trouver la fonction $\psi(\mu)$ déterminée par l'équation

$$\int_0^{r-\mu} x^{k-1} \psi(\mu + x) dx = f'(\mu),$$

où k et r sont des constantes positives : d'après ses calculs on a pour $k < 1$,

$$\psi(\mu) = -\frac{\sin k\pi}{\pi} \int_0^{r-\mu} f'(\mu + y) y^{-k} dy,$$

$f'(\mu)$ désignant la dérivée de $f(\mu)$; les autres cas se ramènent aisément à celui-là. »

Mémoire sur la détermination des coefficients de conductibilité des métaux pour la chaleur; par M. E. Péclet.

(Commissaires, MM. Savart, Savary.)

« Lorsqu'une plaque d'un corps homogène est terminée par deux surfaces planes maintenues chacune à une température constante, on admet que la quantité de chaleur qui traverse la plaque est proportionnelle à la différence des températures de ses faces, et en raison inverse de son épaisseur; mais ces deux lois n'ont point été vérifiées directement, et l'on ne connaît les valeurs des coefficients de conductibilité pour aucun corps. Dans le travail que j'ai entrepris, et dont ce Mémoire ne contient qu'un résumé très court, j'ai eu pour objet de combler la lacune que je viens de signaler.

» Dans les traités de physique on indique un moyen très simple en apparence pour déterminer le nombre des unités de chaleur qui passent à travers une lame métallique dont les deux surfaces sont maintenues à des températures constantes: ce moyen consiste à prendre un vase métallique d'une épaisseur uniforme, qu'on environne de glace et dans lequel on fait arriver de la vapeur d'eau; de la quantité de glace fondue on déduira la quantité de chaleur qui a traversé le métal pendant la durée de l'expérience pour une différence de température de 100°, et de l'étendue et de l'épaisseur connues du métal on déduira facilement la quantité de chaleur qui traverserait dans l'unité de temps une plaque ayant l'unité de surface et d'épaisseur pour une différence de température de 1 degré.

» J'ai rejeté l'usage de la glace comme offrant trop d'inexactitude, et j'ai d'abord employé la disposition suivante. Deux vases cylindriques concentriques en fer-blanc, l'un de 15, l'autre de 30 centimètres, étaient rétrécis par leur partie inférieure de manière à n'avoir plus que 8 et 12 centimètres de diamètre; l'intervalle qui les séparait était fermé par un anneau de liége, et le vase intérieur était fermé par une plaque métallique circulaire de même diamètre, maintenue à distance du bord inférieur du vase par trois petites tiges soudées à sa circonférence et enfoncées dans le liége annulaire; du mastic de vitrier recouvrait l'intervalle, le contour de la plaque et la surface inférieure du liége. L'intervalle des deux cylindres était rempli de coton cardé; le vase intérieur était rempli d'eau dont on pouvait mêler les différentes couches au moyen d'un agitateur muni d'un grand nombre d'ailes inclinées et qui portait dans son axe un thermomètre

à long réservoir : ce vase était fermé par quatre plaques de verre. Au-dessous de la plaque métallique se trouvaient deux cylindres concentriques, l'un de 8, l'autre de 2 centimètres de diamètre; ce dernier était terminé vers le haut par un entonnoir dont les bords n'atteignaient pas la circonférence du cylindre extérieur; le tube extérieur était maintenu à distance de la plaque métallique par une longue bande de taffetas ciré, fortement ficelée autour du tube et de la plaque. En faisant arriver la vapeur par le tube central, elle s'épanouissait uniformément dans l'entonnoir au-dessous de la plaque et sortait par l'intervalle compris entre les bords de l'entonnoir et du tube enveloppant. L'inclinaison de l'entonnoir, sa distance à la plaque, et la distance de son contour au tube extérieur, avaient été calculées de manière que la veine de vapeur conservait toujours la même section.

» Voici maintenant la marche suivie dans les observations. On faisait arriver un grand excès de vapeur dans le tube central placé au-dessous de la plaque; on agitait régulièrement le liquide, et quand sa température était à peu près de 25°, on comptait, avec un chronomètre qui battait les tiers de seconde, les temps du réchauffement de 5 en 5°.

» En admettant que les quantités de chaleur qui traversaient la plaque étaient en raison directe de la différence de température de ses deux surfaces, l'acccroissement de température que produirait pendant une seconde une différence de température de 1°, serait donné par la formule

$$a = \frac{m}{t}(\log A - \log T),$$

dans laquelle m est le module, A et T les excès de la température de la vapeur sur celle du liquide au commencement et à la fin du temps t. Deux observations donnaient une valeur de a, et l'identité de ces valeurs déduites des différentes observations combinées deux à deux, si cette identité existait, établissait l'exactitude de la loi supposée.

» Voici les résultats obtenus au moyen d'une plaque de cuivre rouge de 11 millimètres d'épaisseur :

TEMPÉRATURES successives du liquide.	ÉPOQUES des observations.	EXCÈS de la température de la vapeur sur celle du liquide.	TEMPS ÉCOULÉ entre deux observations consécutives.
24° 591	7′	75,409	
30, 74	8.49	69, 26	121
36, 89	10.55	63, 15	135
43, 03	13. 5	56, 97	140
49, 18	15.34	50, 82	146
55, 33	18.25	44, 67	167
61, 48	21.58	38, 52	196
67, 63	25.55	32, 36	233

» En déterminant la valeur de a, au moyen des deux observations extrêmes, on trouve $a = 0{,}000744$.

» Les valeurs de a, déduites de deux observations consécutives, sont : 0,00077; 0,00073; 0,00078; 0,00075; 0,00070; 0,00073; dont la moyenne est 0,000752.

» Les chiffres significatifs des valeurs de a, déduites de deux observations prises dans la série, en en sautant successivement 1, 2, 3, 4 et 5, sont : 75, 77, 72, 76, 75, 72; moyenne 74,5; 76, 73, 72, 76, 72, 76; moyenne 74,4; 76, 75, 74, 73, moyenne 74,5; 76, 74, 74 moyenne 74,5; 74, 74.

» Les valeurs de a diffèrent peu les unes des autres, et les petites différences qui ne suivent aucune marche régulière doivent être attribuées en grande partie à la difficulté de saisir l'instant précis où le mercure atteint les divisions de l'échelle et au refroidissement du vase, mais elles résultent principalement d'une autre cause plus influente que j'indiquerai bientôt.

» Des expériences analogues, faites sur des plaques de cuivre plus minces, et sur des plaques de plomb, de zinc, d'étain, de fer et de fonte de différentes épaisseurs, ont donné des résultats analogues.

» La première loi de la transmission se trouve ainsi vérifiée, du moins pour les métaux sur lesquels j'ai opéré, et dans les limites de température des observations.

» En comparant les valeurs de a relatives à des plaques d'un même métal et d'épaisseurs différentes, je fus très étonné de les trouver sensiblement les mêmes, quoique pour plusieurs métaux les épaisseurs aient varié de 1 à 20 millimètres, et je doutai d'abord de l'exactitude de la loi relative à l'influence de l'épaisseur. Mais, dans toutes ces expériences, j'avais toujours remarqué une influence très sensible de la vitesse de rotation de l'agitateur, la valeur de a augmentait et diminuait avec cette vitesse, de

sorte que la valeur de a, dans une même expérience, ne restait constante qu'à la condition de produire une agitation à peu près uniforme. En considérant en outre que la vapeur en se condensant devait couvrir la surface inférieure de la plaque d'une couche d'eau presque stagnante, il n'était pas douteux que, dans ces expériences, la surface de la plaque en contact avec la vapeur, n'était pas à 100°, ni l'autre à la température indiquée par le thermomètre, et que la chaleur traversait réellement une lame métallique comprise entre deux lames d'eau, dont l'une était sensiblement immobile, et l'autre ne se renouvelait que lentement ; alors, comme la conductibilité de l'eau est très petite relativement à celle des métaux, l'influence de la conductibilité du métal disparaissait.

» Pour vérifier cette conjecture, j'ai supprimé le chauffage à la vapeur ; j'ai rempli le vase d'eau à 0°, et j'ai plongé la plaque qui le fermait inférieurement, de 1 à 2 millimètres, dans un grand vase rempli d'eau à la température ordinaire; j'ai terminé l'agitateur intérieur par des bandes de toile de crin qui, dans le mouvement, rasaient la surface de la plaque et l'eau qui mouillait la surface extérieure était renouvelée au moyen d'un ruban de fil tendu verticalement dans un cadre auquel on donnait un mouvement rapide de va-et-vient. Par cette disposition, l'échauffement de l'eau du vase était lent, et le liquide qui mouillait les surfaces de la plaque était rapidement renouvelé. Les coefficients de rechauffement obtenus avec le nouvel appareil pour des plaques de plomb de 1 ; 2,5; 6; 9,5; 15, et 25 millimètres, ont été 0,00060; 0,00054 ; 0,00049; 0,00047; 0,00037; 0,00025. On voit, à l'inspection de ces chiffres, que l'influence des épaisseurs se manifeste d'une manière évidente. Des expériences faites avec plaques de fer, d'étain, de zinc et de cuivre ont donné des résultats analogues; mais l'accroissement de conductibilité par la diminution d'épaisseur était d'autant plus lent que les lames étaient plus minces et le métal plus conducteur.

» Je devais penser, d'après cela, qu'en augmentant beaucoup la vitesse de renouvellement des liquides qui baignent les deux faces des plaques, et en employant des plaques épaisses des métaux les moins conducteurs, on arriverait à des coefficients qui seraient dans le rapport inverse des épaisseurs.

» Je disposai, pour cela, un nouvel appareil dans lequel l'agitateur intérieur était mis en mouvement par un système d'engrenage et l'agitateur extérieur consistait en une roue horizontale excentrique au vase également mis en mouvement par un engrenage, et dont les rayons étaient formés

par des tresses fortement tendues, qui, dans le mouvement de rotation, frottaient contre la surface extérieure de la plaque; par cette disposition, le liquide en contact avec le métal était renouvelé au moins 1600 fois par minute. Dans ces expériences, j'ai chauffé l'eau du vase ouvert à peu près à 24°, et j'ai placé dans le vase intérieur de l'eau à la température ordinaire. J'avais reconnu que le refroidissement du vase dans l'air était tout-à-fait négligeable, à cause de la faible élévation de température et de l'enveloppe en coton cardé.

» Voici les résultats obtenus dans deux expériences faites avec beaucoup de soin avec deux plaques de plomb, l'une de 20, l'autre de 15 millimètres d'épaisseur. Toutes les circonstances étant les mêmes, les temps du réchauffement d'un même nombre de degrés ont été de 500 secondes pour la première plaque et de 380 pour la seconde; ce dernier chiffre ne diffère que de 5″, des $\frac{3}{4}$ du premier. Ainsi, l'on peut considérer la loi des épaisseurs comme vérifiée directement.

» Dans ces dernières expériences, la température moyenne du bain a été de 24°,04 et n'a différé des températures extrêmes que d'une petite fraction de degré, et les excès de températures au commencement et à la fin des expériences étaient 9°,91 et 8,55. Alors le coefficient de réchauffement pour la plaque de 20 millimètres était 0,000294; le poids de l'eau renfermée dans le vase, augmenté du poids du vase multiplié par sa capacité calorifique, étant de 3k,287, la quantité de chaleur qui serait transmise à travers la plaque pour une différence de température de 1° serait $0{,}000294 \times 3{,}287 = 0{,}000966$; et comme la plaque avait 50,26 centimètres carrés, la quantité d'unités de chaleur qui serait transmise dans les mêmes circonstances à travers un mètre carré serait $0{,}000966 \times \frac{10000}{50{,}26} = 0{,}192$ et pour une plaque ayant 1mm d'épaisseur $0{,}192 \times 20 = 3{,}84$.

» Alors en admettant les rapports de conductibilité des métaux trouvés par M. Despretz, on obtient les nombres suivants pour les quantités de chaleur qui seraient transmises à travers des plaques d'un mètre carré de surface, d'un millimètre d'épaisseur et dont les surfaces seraient maintenues à des températures constantes qui différeraient de 1°.

Or........21,28	Fer........7,95	Marbre........0,48
Platine.....20,95	Zinc........7,74	Porcelaine......0,24
Argent......20,71	Plomb......3,84	Terre cuite......0,23
Cuivre......19,11		

» D'après les expériences de M. Clément, une plaque de cuivre d'un

mètre carré et de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, en contact d'un côté avec de la vapeur à 100° et de l'autre avec de l'eau à 28°, condense par heure 100^k de vapeur, ce qui ferait par seconde 15 unités de chaleur pour une différence de température de 72° et 0,23 pour une différence de 1°.

» D'après des expériences récentes de MM. Thomas et Laurens dans lesquelles le cuivre était disposé en tuyau d'un petit diamètre, on a évaporé 400^k d'eau par mètre carré avec une différence de température de 45°, ce qui fait 1,22 unités de chaleur par seconde pour une différence de température de 1°. Le chiffre obtenu par MM. Thomas et Laurens est plus élevé que celui de M. Clément, parce que le cuivre étant en tuyau d'un petit diamètre, l'air était complétement expulsé, circonstance qui augmente beaucoup la quantité de vapeur condensée.

» On voit que dans les circonstances les plus favorables, le chiffre obtenu pour la transmission de la chaleur à travers le cuivre, quand on ne renouvelle pas le liquide qui mouille les surfaces, est beaucoup plus petit que celui qui résulte des expériences consignées dans ce Mémoire, à cause de la couche d'eau sensiblement immobile qui couvre au moins une des surfaces.

» Il résulte de ce qui précède :

» 1°. Une vérification directe des lois admises sur la transmission de la chaleur à travers les corps ;

» 2°. La détermination de la valeur des coefficients de conductibilité des métaux ;

» 3°. Ce fait important pour les applications, que dans le chauffage par la vapeur ou les liquides avec les dispositions généralement employées, la nature et l'épaisseur du métal n'ont point ou du moins n'ont que très peu d'influence sur la quantité de chaleur transmise, et qu'on augmenterait beaucoup la conductibilité effective en renouvelant rapidement les liquides qui mouillent les surfaces intérieures et extérieures des vases ou des tuyaux. »

Note sur une nouvelle disposition des piles voltaïques à courants constants ; par M. E. Peclet.

« Depuis les recherches de M. Pouillet sur la conductibilité des métaux pour l'électricité, les éléments à courants constants dont on se sert sont formés d'un vase de verre renfermant un cylindre de zinc ouvert par les deux bouts ; dans le cylindre de zinc se trouve une vessie, et dans la vessie un cylindre de cuivre fermé de toute part. La vessie contient une

dissolution de sulfate de cuivre et le vase de verre une dissolution de sulfate de zinc ou de sel marin.

» Cette disposition est embarrassante quand on veut réunir un grand nombre d'éléments; elle exige un renouvellement fréquent des vessies, car elles s'altèrent rapidement; enfin les dimensions des surfaces métalliques sont limitées. La disposition suivante n'a aucun de ces inconvénients.

» Chaque élément est formé d'une caisse rectangulaire en cuivre mince, de trois centimètres de largeur, d'une longueur et d'une profondeur quelconque; cette caisse renferme à sa partie supérieure et sur le prolongement de ses grandes faces deux petites caisses additionnelles de même largeur et de quelques centimètres de longueur et de profondeur; les faces communes à la caisse principale et aux caisses additionnelles sont percées de plusieurs petits orifices; ces petites caisses sont destinées à contenir des cristaux de sulfate de cuivre. On place dans la caisse un sac de peau de mouton tannée, dans le sac une plaque de zinc ayant des dimensions peu différentes de celles des grandes faces de la caisse; la dissolution de sulfate de cuivre est introduite dans le vase de cuivre et la dissolution de sulfate de zinc dans le sac. Pour former une pile, on place les éléments les uns à côté des autres, les grandes faces en regard sur une planche horizontale, terminée à chaque bout par un montant vertical; on sépare les éléments par de petites planchettes d'un centimètre d'épaisseur, et on les cale de manière que la pression du liquide ne les déforme pas; alors on remplit les caisses et les sacs, et l'on serre dans de fortes pinces en cuivre les appendices de même métal soudés aux caisses et aux plaques, en ayant soin de faire communiquer chaque caisse avec le zinc de la caisse suivante.

» On voit que par cette disposition les éléments occupent peu de place et qu'on peut leur donner des dimensions quelconques. J'ai d'ailleurs reconnu par de nombreuses expériences que les sacs de peau de mouton tannée se comportent exactement comme les vessies, et qu'ils ne s'altèrent pas quand on a soin de les laver après les expériences pour éviter la cristallisation des sels dans leur épaisseur. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Notice sur une disposition nouvelle de tiges de sonde employée en Prusse dans les forages très profonds; par* M. F. **Le Play**, ingénieur des Mines.

« L'objet de cette Notice est de faire connaître en France une disposition nouvelle et fort ingénieuse, que M. d'OEynhausen, conseiller supérieur des mines de l'arrondissement de Bonn, vient d'employer avec un succès

complet dans le sondage que le gouvernement prussien fait faire à la saline de Neusalzwerk, près de Minden, pour la recherche de sources salées.

» Deux méthodes principales sont aujourd'hui employées pour les sondages : dans l'une on suspend au moyen d'une corde, l'outil à l'aide duquel on entaille le sol; dans l'autre cet outil est attaché à l'extrémité d'une tige rigide métallique, ordinairement composée d'éléments assemblés à vis ou par enfourchement. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, et c'est surtout la nature du terrain à traverser qui doit déterminer le choix à faire entre elles. L'expérience semble indiquer que les localités dans lesquelles on peut employer avec succès le sondage à la corde, sont beaucoup plus restreintes qu'on ne l'avait d'abord pensé : aussi, lorsqu'il s'agit de forer dans un terrain qui n'est pas parfaitement connu ou lorsqu'on doit s'attendre à rencontrer des roches de dureté et de consistance très différentes, on trouve généralement plus de sécurité dans l'emploi des tiges rigides, parce que celles-ci offrent plus de ressources que la corde pour obvier aux difficultés imprévues qui ne se présentent que trop souvent dans cè genre de travaux.

» Malgré ces motifs de préférence sur lesquels il serait hors de notre sujet d'insister ici, l'emploi des tiges a de grands inconvénients. Il en est un surtout qui se fait sentir dans les sondages très profonds, et auquel jusqu'à présent on n'avait pu se soustraire.

» Jusqu'à une certaine limite, l'accroissement de longueur des tiges est utile au progrès du sondage, parce qu'en augmentant la masse liée à l'outil, elle favorise l'action que ce dernier produit sur les roches en tombant d'une certaine hauteur. Mais ces avantages, que l'on pourrait du reste obtenir par divers moyens avec une sonde de faible longueur, ne tardent pas à être balancés par un inconvénient, dès que le forage dépasse une certaine profondeur. Les tiges acquérant une masse et une longueur trop considérables, se courbent par leur propre poids et par l'effet d'un choc devenu trop violent. Il en résulte des oscillations latérales qui font frapper les tiges contre les parois du trou et qui produisent des élargissements considérables. A mesure que le trou s'élargit en certains points, les courbures et les oscillations des tiges y acquièrent une plus grande amplitude; cette circonstance amène des chutes de fragments et des ruptures de tiges si compliquées qu'on est souvent dans la nécessité d'abandonner les travaux. Les chocs violents dus à une trop grande longueur de tige, ont encore cet inconvénient qu'ils détruisent rapidement les assemblages et altèrent d'une manière si profonde la structure du fer qui

compose les tiges, que ce métal perd presque entièrement sa cohésion, et doit par conséquent céder très aisément aux causes de rupture signalées ci-dessus.

» Ces difficultés se sont présentées avec les circonstances les plus fâcheuses dans le sondage de Neusalzwerk. Le terrain keupérien que traverse ce sondage, se compose de couches alternatives, dont les unes sont très tendres et dont les autres offrent une dureté extrême. Lorsque le ciseau frappait à 200 mètres de profondeur sur les couches dures, les courbures et les oscillations latérales des tiges, corrodaient tellement les couches tendres, que le diamètre du trou, foré primitivement à $0^{m},10$, s'y trouvait augmenté jusqu'à $0^{m},30$ et au-delà; les ruptures de tiges étaient tellement fréquentes, et il se rencontrait de telles difficultés pour y remédier, qu'on fut plusieurs fois sur le point d'abandonner le forage.

» Dans le système du forage à la corde, on ne rencontre aucun des inconvénients qui viennent d'être signalés, vu que, par la nature même de l'appareil de suspension, ce dernier ne peut recevoir les réactions du choc de l'outil, ni endommager les parois du trou. Si l'on parvenait à supprimer cette réaction dans le système des tiges, si après le choc de l'outil, la plus grande partie des tiges cessait tout-à-coup d'être en connexion avec lui et restait suspendue dans le trou dans une position verticale, il est évident que la difficulté dont il s'agit serait complétement supprimée.

» Tel est le problème qu'a résolu M. d'Œynhausen par l'appareil à la fois simple et ingénieux dont le dessin sera prochainement publié dans la 2me livraison des *Annales des Mines*, pour 1839.

» La pièce essentielle de l'invention de M. d'Œynhausen a pour effet de diviser la colonne des tiges en deux portions : l'une inférieure et liée invariablement à l'outil; l'autre supérieure, beaucoup plus longue que la précédente, et qui s'allonge à mesure que le forage s'approfondit. La tige supérieure soulève l'autre et fait corps avec elle lorsqu'on remonte les tiges; mais elle s'en sépare, en devient tout-à-fait indépendante et reste suspendue au câble qui sert à faire jouer la sonde, dès l'instant où l'outil, dans sa chute, vient à frapper le fond du trou.

» Le mouvement de rotation donné à la tête des tiges se transmet à l'outil, malgré l'indépendance partielle des deux portions de tige, parce qu'en raison de la forme carrée donnée aux pièces par lesquelles s'effectue le glissement de la tige inférieure dans la tige supérieure, la première doit nécessairement suivre tout mouvement de rotation imprimé à la tête des tiges.

» On pourrait objecter que les avantages qu'on vient de décrire sont balancés en partie par un inconvénient, celui de rendre inutile, dans l'action exercée par le choc de l'outil, toute la quantité de mouvement que recèle la partie supérieure de la tige à l'instant où la chute de la sonde se termine. Cette perte est réelle; mais loin d'être un inconvénient, elle n'offre que des avantages. L'expérience indique en effet que la quantité de mouvement nécessaire à l'action la plus utile de l'outil, a une limite qui est considérablement dépassée dès que le sondage acquiert une certaine profondeur. Quand cette limite est dépassée, l'excès de la quantité de mouvement, loin de servir au progrès du forage, a pour effet de détruire le nerf des tiges, de faire jouer les vis dans leurs écrous, de courber les tiges, de les faire battre contre les parois, de les rompre, etc., en un mot de produire les fâcheux résultats que j'ai signalés précédemment. La circonstance mentionnée ci-dessus n'est donc point une objection contre l'appareil de M. d'OEynhausen, car c'est précisément dans la neutralisation d'une force nuisible que consiste essentiellement l'avantage de cet appareil. On conçoit d'ailleurs qu'il permet d'accroître à volonté la puissance du choc de l'outil par l'allongement de la tige inférieure. Enfin, et c'est l'un des plus grands avantages du nouvel appareil, la suppression des causes de destruction qui agissaient sur la tige supérieure, permet encore d'en réduire l'épaisseur, et par conséquent le poids, dans une très forte proportion.

» Au reste, le meilleur éloge que l'on puisse faire de l'invention de M. d'OEynhausen, est d'annoncer les résultats suivants : Le forage qu'on ne pouvait continuer avec l'ancien système lorsque l'outil n'avait encore atteint que la profondeur de 263 mètres, est parvenu aujourd'hui, sans aucun accident nouveau, à 403 mètres. Une grande économie dans le travail résulta immédiatement de la diminution du poids des tiges. Dans l'origine, on donna 93 mètres à la tige supérieure et 170 mètres à la tige inférieure. On conserva aux barres de cette dernière $0^{m},052$ d'équarrissage, mais on réduisit immédiatement à $0^{m},026$ l'équarrissage de la tige supérieure. Or, un mètre courant de tige de $0^{m},026$ pèse moyennement, y compris une part proportionnelle du poids des écrous, $5^{kil},80$, tandis que la même longueur d'une tige de $0^{m},052$ pèse $23^{kil},39$. La diminution de poids obtenue sur chaque mètre courant de la tige supérieure, équivaut donc à $17^{kil},59$; en sorte que la diminution totale du poids de la sonde fut à l'origine de 1760 kilogrammes.

» Plus tard on acquit la conviction que la tige inférieure pouvait être en-

core considérablement raccourcie sans que l'outil perdît rien de son action sur le terrain. A une profondeur de 310 mètres, la tige inférieure était déjà réduite à 96 mètres.

» Enfin, lorsque le forage fut parvenu à la profondeur de 403 mètres, la longueur de la tige inférieure variait seulement entre 37 et 47 mètres, en sorte que la tige supérieure avait toujours au moins 356 mètres. Dans l'ancien système, le poids total des tiges eût été de 10,144 kilogrammes. Dans le nouveau système, le poids n'était que de 3,405 kilogrammes, et par conséquent la diminution du poids s'élevait à 6,739 kilogrammes.

» L'appareil de M. d'OEynhausen est employé non-seulement au sondage de Neusalzwerk, mais encore dans deux autres sondages pratiqués aux salines d'Arten (gouvernement de Mersebury) et de Konigsbronn (gouvernement d'Arnsberg). A l'époque où les éléments de cette notice ont été recueillis, le premier sondage avait atteint une profondeur de 310 mètres, après avoir rencontré le sel gemme à 306 mètres. Le 2e sondage dépassait déjà 250 mètres. Dans l'un et dans l'autre, de même que dans le sondage de Neusalzwerk, les tiges n'avaient pas éprouvé le plus léger accident depuis l'instant où l'on avait mis en usage le nouveau procédé.

» *Nota.* A l'instant où cette notice est mise sous presse, M. Le Play reçoit de Berlin la nouvelle que le forage de Neusalzwerk, qui se poussait toujours avec le plus grand succès et sans aucun accident, vient d'atteindre la profondeur de 1415 pieds du Rhin, ou de 444 mètres. »

CHEMINS DE FER. — M. JULES MICHEL adresse deux notes sur des *Moyens de locomotion sur les chemins de fer.* Dans l'une, il propose l'emploi de la pression atmosphérique, et dans l'autre il joint à cette pression l'action de la pesanteur.

(Renvoyé à la Commission nommée pour le Mémoire de M. Pelletan.)

Une lettre sans signature annonce que, dans le *London Journal*, 2e série, vol. 8, page 317, se trouve un brevet de *W. Mann*, sur l'usage de l'air, comprimé au moyen de machines à vapeur, pour la locomotion sur les chemins de fer. Une seconde lettre, écrite de la même main, annonce encore que ce mode de locomotion est indiqué dans le *Mecanic's Magazine*, vol. 25, pag. 256, et discuté par le Dr Jones.

(Renvoyé de même à la Commission nommée pour le Mémoire de M. Pelletan.)

Machines. — M. Foin soumet au jugement de l'Académie une *pompe rotative* aspirante et foulante, à jet continu.

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Gambey.)

Machines. — M. Thilorier présente une nouvelle lampe fondée sur les mêmes principes que la *fontaine de Héron.*

(Commissaires, MM. Savart, Gambey, Séguier.)

Aérostats. — M. de Varenne annonce qu'il a trouvé un moyen de diriger les aérostats, et demande à soumettre un modèle de son appareil à une Commission.

(Commissaires, MM. Coriolis, Poncelet, Séguier.)

Navigation. — M. Rivet adresse la description d'un instrument destiné à remplacer le loch dans la mesure de la vitesse des navires.

(Commissaires, MM. Arago, de Freycinet.)

M. Bunten présente un nouveau baromètre à niveau constant, et prie l'Académie de le soumettre à l'examen d'une Commission.

(Commissaires, MM. Arago, Cordier, Savary.)

M. Samuel adresse une nouvelle lettre sur l'avantage que présenteraient les portes et les fenêtres à coulisse.

(Renvoyé à la Commission déjà nommée pour cet objet.)

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique adresse plusieurs publications qui lui ont été envoyées pour l'Académie, par diverses Sociétés savantes.

météorologie. — *Lettre de* M. J. Girardin *à* M. Arago.

« Tout ce qui se rattache à l'histoire des météores aqueux, à la constitution chimique de notre atmosphère, mérite de fixer l'attention des physiciens; et le fait le plus simple, lorsqu'il est bien observé, doit entrer dans les annales de la science. C'est sous ce rapport qu'il m'a paru utile de vous

faire connaître les observations récentes que j'ai eu l'occasion de noter relativement à la grêle.

» Le 25 février dernier, entre 10 heures du matin et 2 heures de l'après-midi, il est tombé à Rouen plusieurs averses de grêle : les grêlons étaient petits. Chaque averse ne dura pas plus d'un quart d'heure; la dernière fut très considérable, car en peu de minutes les toits furent recouverts d'une couche blanche assez épaisse. Le vent était plein nord.

» Je fis placer au milieu d'une large cour un vase très propre à large surface, en l'isolant de quelques pieds au-dessus du sol, pour recueillir une certaine quantité de grêlons. Je les introduisis presque aussitôt leur chute dans un flacon lavé à l'eau distillée, et je pris toutes les précautions pour que ces grêlons n'eussent point le contact de matières organiques. Le flacon bouché fut placé dans mon cabinet : il renfermait tout au plus 32 grammes de grêle.

» Cette grêle ne tarda pas à fondre, et le liquide qui en provint avait l'aspect d'eau au milieu de laquelle on aurait laissé tomber quelques gouttes de lait; il était trouble et blanchâtre. Mais peu à peu, il se forma dans son sein des *flocons assez abondants, blancs et très légers*, qui se rassemblèrent bientôt en une seule masse nuageuse, et se déposèrent au fond du vase. Le lendemain matin, le liquide était tout-à-fait limpide.

» Une certaine quantité de l'eau, tandis qu'elle était encore blanchâtre et laiteuse, fut mise dans un verre et l'on y ajouta quelques gouttes de nitrate d'argent. Le verre bouché avec du papier fut placé dans l'obscurité et abandonné pendant 12 heures. L'addition du réactif n'y produisit aucun phénomène apparent, et le liquide conserva son aspect primitif, sans se colorer. Placé ensuite dans un lieu éclairé par une vive lumière, il devint presque subitement rougeâtre; puis, au bout d'une heure environ, il prit une couleur brune et laissa déposer des flocons grisâtres. Des pellicules miroitantes et blanches se montrèrent en même temps à sa surface. Les flocons isolés du liquide, furent calcinés dans un petit tube de verre; il se dégagea une odeur de matière animale brûlée, et un papier rouge de tournesol, exposé au contact des vapeurs qui sortaient du tube, passa au bleu. Il resta dans le fond du tube une poudre grisâtre : c'était un mélange de charbon et d'argent métallique.

» La plus grande partie de l'eau de grêle, trouble et laiteuse, fut évaporée, avec précaution, dans une capsule de platine. Pendant l'évaporation, il ne se dégagea aucune trace d'ammoniaque. Le résidu était coloré en jaune-brun; mais il était si faible, qu'il fut impossible d'en constater le poids.

» Pareille évaporation ayant été faite dans un tube de verre, le résidu y fut chauffé jusqu'au rouge-brun. Il exhala, pendant la calcination, une odeur bien sensible de matière animale, et le papier de tournesol rouge fut ramené au bleu : il resta dans le fond du tube une trace de charbon.

» L'eau de grêle filtrée et claire donna :

» Un trouble léger avec l'oxalate d'ammoniaque;

» Un trouble plus marqué avec le nitrate de baryte, trouble que ne fit pas disparaître l'addition de l'acide nitrique.

» Les autres réactifs n'y produisirent rien.

» Je n'ai pu constater, dans cette eau, vu la petite quantité qui était à ma disposition, l'existence de l'acide nitrique.

» Il résulte donc de ce qui précède, que la grêle du 25 février dernier renfermait :

» 1°. Une matière organique azotée *assez abondante ;*

» 2°. Une quantité sensible de chaux et d'acide sulfurique;

» 3°. Qu'elle ne présentait aucune trace sensible d'ammoniaque.

» Plusieurs chimistes ont dirigé déjà leur attention sur l'existence, dans l'air atmosphérique, de matières salines et d'une substance organique. Les expériences de Moscati, de Vauquelin, de Rigaud de L'Isle, de MM. Julia Fontenelle, Chevalier, Boussingault, Vogel et Liebig démontrent, d'une manière évidente, que l'eau des pluies, en tombant à travers l'atmosphère, entraîne avec elle en dissolution, dans le sol, des sels ammoniacaux, des sels calcaires et une matière organique floconneuse qui est, sans doute, l'origine de ces principes délétères que nous désignons sous le nom de *miasmes.* Mais personne jusqu'ici n'avait constaté l'existence de cette même matière organique au milieu des grêlons.

» Je regrette bien de n'avoir pu m'assurer si cette grêle renfermait aussi de l'acide nitrique. M. Liebig a reconnu qu'il y a toujours de l'acide nitrique dans les pluies d'orage. Cet acide provient évidemment de la combinaison des deux éléments gazeux de l'air, l'oxigène et l'azote, sous l'influence de la foudre. Les circonstances dans lesquelles la grêle apparaît ordinairement, sont les mêmes que celles qui accompagnent les orages, avec cette différence toutefois qu'il se produit un froid considérable dans les couches d'air supérieures. Il est probable, d'après cela, qu'on devra retrouver aussi de l'acide nitrique dans les grêlons. C'est ce que j'ai l'intention de vérifier, et pour cela je ne négligerai aucune occasion de recueillir de la grêle à toutes les époques de l'année. J'aurai l'honneur de vous communiquer successivement les résultats de mes observations à cet égard.

»Quoi qu'il en soit, je crois que dès à présent, c'est un fait acquis à la science, que l'air atmosphérique renferme, à toutes les époques de l'année, une *matière organique*, qui probablement est tenue en dissolution dans la vapeur aqueuse. »

GÉOGRAPHIE. — M. *Arago* a rendu un compte succinct des belles opérations géodésiques que M. le capitaine *Boblaye* est parvenu à exécuter pendant les courses militaires de nos troupes dans les diverses parties de l'Algérie. Dans la province de *Constantine*, la triangulation de M. *Boblaye* embrasse déjà 600 lieues carrées. *Bone* et *Stora* sont rattachées à *Constantine* par des chaînes continues de triangles. Voici quelques-unes des déterminations qui résultent de ce travail :

	Latitude.	Longitude.	Hauteur au-dessus de la mer.
Constantine (minaret de la *Kasbah*).	36° 22′ 21″ N.	4° 16′ 36″ E.	664 mètres
Bouhabel (le Mont)...........	36.41. 5 N.	5.41.36 E.	736
Skikida..........................	36.53. 3 N.	4.35.20 E.	147
Le *Ghirioun*......................	36. 0.46 N.	4.21. 6 E.	1723
Le *Sidi-Edrouis*..................	35.54.37 N.	4.47.48 E.	1619
La montagne des *Beni-Halab*.......	36.35.51 N.	4. 0.30 E.	1489
Bone (*minaret de la Mosquée*)......	36.54. 1 N.		
Le *Jurjura* (point culminant).......	36.27.45 N.	1.39.24 E.	2126

M. *Arago* dépose un Mémoire de M. *Korylski*, réfugié polonais, intitulé : *Quelques mots sur la météorologie et sur le newtonisme*. M. *Arago* regrette que le désir de M. *Korylski* lui ait imposé le devoir de présenter un travail dans lequel, à son avis, on ne peut guère louer que l'intention. M. *Arago* cite divers passages du Mémoire qui malheureusement, lui semblent établir d'une manière évidente que l'auteur s'est écarté de la route en dehors de laquelle les sciences ne peuvent faire aujourd'hui des progrès réels.

MÉCANIQUE. — Il résulte d'un procès-verbal signé de M. *Saint-Léger*, ingénieur des mines, qu'une machine de 25 chevaux, construite par M. *Pawels*, et fournie à M. *Gosse de Billy* et compagnie, n'a brûlé, chaque heure, par force de cheval, que 2,66 kilogrammes de houille. Les observations ont été faites à l'aide du frein dynamométrique.

M. **Bowring** adresse de Londres une nouvelle lettre relative à sa discussion avec M. d'Orbigny, au sujet de la carte du lac de Titicaca.

(Renvoyée à la Commission déjà nommée pour examiner cette question.)

MM. **Galleran** et **Letourneau** soumettent à l'Académie les premiers produits de la fabrique d'horlogerie qu'ils ont établie il y a deux ans à *Tunc*, dans le département de l'Orne.

(Commissaires, MM. Arago, Gambey, Séguier.)

M. **Pallas** annonce que l'on peut retirer du maïs une plus grande quantité de sucre que par les procédés ordinaires, en détachant les jeunes épis de la plante immédiatement après la fécondation des ovaires, et en la laissant se développer ainsi, privée de son fruit.

M. **A. Marceau** adresse quelques remarques critiques au sujet de la lettre dans laquelle M. *Béchameil* a annoncé à l'Académie qu'il avait fait en vingt-neuf jours le voyage de Rochefort à la Havane, sur un bâtiment qui marchait, tantôt au moyen de la vapeur, et tantôt par l'action du vent.

M. **James Yates** annonce que la prochaine réunion de l'*Association britannique pour l'avancement de la science*, aura lieu à Birmingham, pendant la semaine qui commencera le lundi 26 août.

La séance est levée à cinq heures. A.

Erratum. (Séance du 15 avril 1839.)

Page 560, ligne 13, $U = \sin \tau \cos \tau$, *lisez* $U = \sin \tau \operatorname{tang} \tau$,

---

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, no 15, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. Gay-Lussac et Arago; tome 69, déc. 1838, in-8°.

Annales de la Société Entomologique de France; tome 7, 3me trim. 1838, in-8°.

De la santé des ouvriers employés dans les fabriques de soie, de coton et de laine; par M. Villermé; in-8°.

Histoire de la Lithotritie; par M. Leroy d'Étiolles; in-8°.

Voyage en Islande et au Groënland, sous la direction de M. Gaimard; 16e liv. in-fol.

Chants islandais, traduits par MM. Marmier et Sivertsen ; in-8°.

Bulletin de la Société géologique de France; tome 10, feuilles 5—9, in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhausen; n° 57, in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Saint-Étienne; 17e année, 1re liv. de 1839, in-8°.

Géologie des Gens du monde; par M. de Leonhard, traduite de l'allemand par MM. Grimblot et Toulouzan; Paris, 1839, in-8°.

Exposé sommaire des Recherches faites sur quelques parties du Cerveau, précédé de considérations générales sur cet organe; par M. Ribes père, in-8°.

Précis analytique des travaux de l'Académie royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen, pendant l'année 1838; in-8°.

Séance publique de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du départ. de la Marne; année 1838, in-8°.

Histoire et Mémoires de l'Académie royale des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse, année 1837; in-8°.

Description topographique et géognostique du Kaisersthull; par M. le Dr Eisenlohr (1829); traduit de l'allemand (1837) par M. *Gley;* Épinal, 1838, in-8°.

Réglement constitutif, suivi du discours d'ouverture, et précédé de considérations sur les rapports actuels de la Science et de la Foi; Nancy, 1836, in-8°.

Voyage dans la Russie méridionale, sous la direction de M. A. Demidoff; 3e liv. in-8°.

Species général et Iconographie des Coquilles vivantes; par M. Kiener; 34e liv. in-4°.

La Muselière. Fragments sur cette question : La protection accordée à l'industrie n'est-elle pas le meilleur moyen de gouverner le peuple et d'en demeurer maître? par l'auteur des *Lettres de Livry ;* Paris, 1839, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale ; tome 16, 7e et 8e liv., in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; par M. Cherbuliez; 1838, n° 4, in-8°.

The Cambridge.... *Journal mathématique de Cambridge;* nov. 1837 à nov. 1838; 4 nos, in-8°.

The Edinburgh..... *Nouveau journal philosophique d'Édimbourg, dirigé par* M. le professeur Jameson; n° 52, avril 1839; Édimbourg, in-8°.

Guy's Hospital.... *Rapports de l'Hôpital de Guy, publiés par* MM. Barlow et Babington; n° 8, avril 1839; Londres, in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société royale d'Édimbourg;* n° 14, in-8°.

Tavola metrica-chronologica.... *Table métrico-chronologique des différentes hauteurs de la surface de la Mer, entre la côte d'Amalfi et le promontoire de Gaëte; par* M. A. Nicolini; Naples, 1839, in-4°.

Malacologia.... *Malacologie terrestre et fluviatile de la province de Cosme; par* M. C. Porro; Milan, 1838, in-8°.

Delle dottrine.... *Des doctrines sur la structure et sur les fonctions du Cœur et des Artères, telles que les apprit pour la première fois à Padoue G. Harvey d'Eustache Rudio;* dissertation par M. Zecchinelli; Padoue, 1838, in-8°.

Aviso ai.... *Avis aux cultivateurs sur les Vers à soie à trois récoltes; par* M. Bonafous; Turin, 1839, in-8°.

Skanes Flora.... *Flore de Scanie (en suédois); par* M. Lilia; Lund, 1838, in-8°. (Offert par M. Gaimard.)

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; avril 1839, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; avril 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 16, in-4°.

Gazette des Hôpitaux ; 2e série, tome 1er, nos 46—48, in-fol.

La France industrielle; 6e année, n° 3.

L'Expérience, journal de Médecine ; n° 94, in-8°.

Gazette des Médecins praticiens ; n° 11.

COMPTE RENDU
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AVRIL 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Nouvelles Notes sur le CAMBIUM, *extraites d'un travail sur la racine du Dattier; par* M. DE MIRBEL.

« Tout naturaliste qui s'est occupé de l'anatomie végétale, a pu remarquer dans l'intérieur des plantes, à diverses époques de leur végétation, une matière mucilagineuse, comparable à une solution de gomme arabique. Cette matière forme des couches dans les tiges et les branches des Dicotylés et Monocotylés. Elle se dépose en masse dans de grands interstices que les utricules laissent entre elles, ou même dans la cavité des utricules et des tubes. Je ne saurais dire si alors elle est ou n'est pas organisée, mais ce que je crois fermement, c'est que d'elle provient toute organisation. Grew, qui le premier reconnut l'existence de cette matière et en devina la destination, il y a plus de cent cinquante ans, lui donna le nom de *cambium*. J'ai adopté ce nom, ainsi que l'opinion de Grew. En cela, j'ai suivi l'exemple de Duhamel; mais j'ai reconnu de bonne heure que le seul moyen de faire prévaloir la doctrine de ces deux célèbres phytologistes, serait de prouver, par une série d'observations étroitement liées les unes aux autres, que la matière dont il s'agit passe, par degrés insensibles, de

l'état amorphe à l'état d'un tissu cellulaire continu, lequel se disloque plus tard et se montre sous forme d'utricules distinctes. Depuis plusieurs années tous mes travaux ont eu pour objet principal cette démonstration. On s'étonnera peut-être que je m'en sois préoccupé si long-temps; mais en y réfléchissant un peu, on reconnaîtra que la tâche que j'ai entreprise n'est rien moins que l'étude la plus approfondie de la formation de tous les tissus qui constituent les divers organes végétaux. Il s'en faut que j'aie atteint le terme de mes recherches; d'autres, plus tard, devront songer à les poursuivre, ou peut-être à les recommencer.

» Je me bornerai pour le moment à indiquer ce que j'ai observé dans les racines du Dattier. Durant le cours de leur végétation, elles m'ont offert de fréquentes occasions d'étudier le cambium, et la succession des modifications par lesquelles il passe. Cette matière ne m'était apparue anciennement que sous l'aspect d'un simple mucilage. L'emploi que je fis ensuite de meilleurs instruments d'optique m'apprit que presque toujours le mucilage était celluleux; mais quand je tentai de pénétrer plus avant vers l'origine, je rencontrai tant de difficultés que je désespérai de passer outre.

» Toutefois, j'ai été plus heureux au commencement de l'année dernière. Soit que le hasard m'ait mieux servi, soit que j'aie tiré un meilleur parti de mon microscope par l'emploi plus fréquent de forts oculaires, soit encore que certains indices que j'avais dédaignés bien à tort, aient plus vivement excité mon attention, il est de fait que j'ai vu, avec toute la netteté désirable, sur des coupes transversales de la racine, des amas de cambium dont la surface était mamelonnée, ou du moins paraissait telle. Que cette vision soit due à la présence réelle d'une forme matérielle, ou à une illusion d'optique résultant de l'inégale densité de la matière, il y a, dans l'une ou l'autre hypothèse, un fait très positif; je n'en saurais douter, puisque maintenant j'obtiens à volonté la preuve de son existence. En ceci, comme en toute chose, le but ne fait jamais défaut quand la route est connue.

» Très certainement l'apparition des mamelons du cambium est antérieure à celle des cellules. J'ai donc fait vers l'origine de cette substance organisatrice un pas de plus que lorsque je lus en 1837 ma première Note à l'Académie. Il s'agit maintenant d'expliquer comment les cellules se substituent aux mamelons : la série non interrompue de mes observations répond à cette question. Sur des coupes de cambium aussi jeune, ou peu s'en faut, que celles dont je viens de parler, j'aperçus souvent au

centre de chaque mamelon un point sombre, indice non équivoque de la très récente formation d'une cavité cellulaire. Souvent aussi, à la place du point, je vis une tache grise de notable dimension, et je dus conclure que la cellule s'était agrandie. Dans ce dernier cas, il n'y avait plus apparence de mamelon, et les cloisons indivises qui limitaient les cellules contiguës, étaient d'autant moins épaisses que les cavités avaient acquis plus d'ampleur.

» La fréquente comparaison que j'eus l'occasion de faire du cambium d'apparence mamelonnée, avec le cambium devenu celluleux, me convainquit que la métamorphose s'opérait sans qu'il y eût augmentation sensible de la masse, ce qui s'explique très bien par la condensation qu'éprouve la matière employée à la formation des cloisons. Elle se retire du centre, s'accumule à la circonférence, et gagne en densité ce qu'elle perd en volume.

» Les cellules ne restent pas long-temps dans l'état que je viens de décrire : leurs parois s'étendent, se couvrent d'élévations papillaires, disposées en forme d'échiquier; et, quoiqu'elles aient plus de consistance que dans l'origine, elles contiennent encore beaucoup d'humidité. On pourrait dire que leur substance est devenue gélatiforme de mucilagineuse qu'elle était.

» Peu après, ces mêmes cellules, qui d'abord n'ont affecté aucune forme déterminée, se dessinent sur les coupes transversales, en hexagones plus ou moins réguliers; leurs cloisons s'étendent, s'amincissent, se sèchent et s'affermissent; leurs papilles disparaissent et sont remplacées par des lignes horizontales, parallèles, fines et serrées, qui ressemblent à de légères stries. Il y a aujourd'hui trente ans que j'ai remarqué ces lignes dans les vaisseaux, et que j'en ai parlé dans les termes qui suivent : « Dès » l'instant que les vaisseaux commencent à se développer, et à une époque » où leur tissu sort à peine de cet état de mollesse, ou même de fluidité » que nous nommons mucilagineux, on distingue à leur superficie des li- » gnes transversales et opaques qui indiquent dans la partie où elles se » trouvent, un renflement et un épaississement de la membrane (1). » Et je croyais dans ce temps, comme aujourd'hui, qu'une certaine relation existe entre ces lignes et les découpures qui, plus tard, se montrent dans les vaisseaux, mais je dois avouer que sur ce dernier point mes idées étaient alors très confuses.

---

(1) *Exposition de la théorie de l'Organisation végétale*, p. 206, 1809.

» J'ai dit tout-à-l'heure, en m'appuyant sur des recherches plus récentes, que les lignes des cloisons sont horizontales : c'est en effet ce qui paraît pour quiconque observe une coupe transversale. Il en est tout autrement si la vue se porte sur une coupe longitudinale : alors les lignes sont verticales. La même portion de cloisons, selon sa position relativement à l'œil de l'observateur, semble donc rayée dans un sens ou dans un autre; mais, à ma connaissance, il n'arrive jamais qu'on voie simultanément les deux sortes de lignes, qui, le cas échéant, se croiseraient à angle droit. J'ai décrit, il y a peu d'années, un fait analogue que m'ont présenté les laticifères du *Nerium Oleander*. Là, pour moi du moins, la cause de ces apparences variées est évidente. De très fines et très courtes papilles disposées les unes contre les autres en échiquier, donnent, selon le point de vue, des lignes horizontales ou verticales, ou encore diagonales, soit de gauche à droite, soit de droite à gauche. Je n'ai pas eu la satisfaction de voir les papilles dans les autres vaisseaux, mais tant qu'on ne proposera pas une meilleure solution du fait, j'inclinerai à croire que les lignes horizontales, verticales et diagonales des cellules, des utricules courtes ou allongées, et des vaisseaux, sont dues à la présence d'une multitude de papilles imperceptibles, disposées en échiquier. J'ai ajouté les lignes diagonales, parce que, bien qu'elles soient moins communes, elles se montrent assez fréquemment sur les parois des vaisseaux qui commencent à vieillir, et elles sont même beaucoup plus apparentes que les autres.

» Souvent, depuis les mamelons creux jusques et y compris les cellules à parois minces, sèches et striées, la substance végétale n'est qu'un seul et même tissu cellulaire parfaitement continu, dont la forme s'est modifiée plus ou moins par l'action successive de la végétation. Au-delà, un changement remarquable s'opère : les cloisons cellulaires, jusque alors indivises, se dédoublent d'elles-mêmes, aux points de rencontre des angles des cellules contiguës, et donnent naissance à ces espaces ordinairement triangulaires que les phytologistes nomment des méats. Voici donc dans la masse du tissu cellulaire, de nombreuses interruptions de continuité, et le dédoublement des cloisons ne s'arrête pas là. Il gagne de proche en proche dans leur épaisseur, de telle sorte qu'en définitive, il sépare les cellules les unes des autres. Cette dislocation faite, il n'existe plus de tissu cellulaire. Chaque cellule est devenue une utricule distincte, laquelle s'étend et s'arrondit si elle est libre dans l'espace, ou devient polyédrique si elle est arrêtée dans sa croissance, par la résistance des utricules voisines. Il est vrai que souvent toutes ces utricules juxtaposées, restent unies par

une sorte de collage, si je puis ainsi dire ; mais il ne paraît pas que jamais il s'établisse entre elles une véritable liaison organique. Ce sont autant d'individus vivants, jouissant chacun de la propriété de croître, de se multiplier, de se modifier dans de certaines limites, travaillant en commun à l'édification de la plante, dont ils deviennent eux-mêmes les matériaux constituants. La plante est donc un être collectif.

» Les deux états organiques que je viens de signaler, l'un, tissu cellulaire continu, l'autre, agglomération d'utricules séparées, ou bien réunies par juxtaposition, marquent deux périodes distinctes dans les formations utriculaires.

» Veut-on des preuves à l'appui de ces généralités? que l'on fasse des séries non interrompues de coupes transversales d'une racine de Dattier, sur des portions en voie de passer de la première jeunesse à l'âge adulte, et qu'avec une infatigable attention on soumette, dans l'ordre où elles ont été faites, toutes ces coupes à l'observation microscopique, les examinant chacune à plusieurs reprises, les comparant entre elles, et s'appliquant à rétablir, par la pensée, le lien organique qui les unissait, pour refaire un seul tout de tous les faits partiels : à ces conditions on obtiendra les résultats que j'ai obtenus et que je livre au jugement des phytologistes. Je doute que tout autre procédé plus facile et plus prompt m'eût conduit aussi sûrement au but (1).

» On remarquera que la racine de Dattier se compose de trois régions organiques bien distinctes ; la *périphérique*, l'*intermédiaire* et la *centrale ;* que la région périphérique, à l'époque de végétation que j'ai indiquée, est séparée de la région intermédiaire par une épaisse couche de cambium ; qu'une couche toute semblable isole de même, l'une de l'autre, les régions intermédiaire et centrale, et, qu'indépendamment des deux couches de cambium, il existe dans chaque région de petits foyers particuliers d'utriculisation. Voyons ce qui résulte de la présence de ces dépôts plus ou moins abondants de matière organisatrice.

» Il est évident que la région périphérique, exposée sans trève à la nuisible influence des agents extérieurs et chassée en avant par l'accroissement des parties intérieures, ne doit pas tarder à disparaître, si ses pertes journalières ne sont promptement réparées par l'avénement de nouvelles utricules issues de la partie de la couche de cambium, placée immédia-

(1) Toutes les observations anatomiques seront exposées plus tard dans le *Recueil de l'Académie*. Elles seront accompagnées de douze grandes planches représentant les faits organogéniques les plus dignes d'attention.

tement en arrière d'elle. Ce secours est d'autant plus nécessaire que les foyers particuliers d'utriculisation sont à peu près nuls dans la région périphérique. Aussi arrive-t-il que lorsque la couche de cambium vient à manquer, cette portion de la racine se trouve réduite à deux ou trois feuillets d'utricules souvent déchirés et privés de vie.

» Passons à la région intermédiaire. Elle met en évidence un fait qui a vivement excité mon attention. Dans sa partie moyenne habitent les utricules les plus âgées. Les autres utricules sont d'autant plus éloignées de cette partie moyenne, et, par conséquent, plus rapprochées de l'une ou de l'autre couche de cambium, qui, toutes deux, chacune de son côté, marquent l'extrême limite de la région, qu'elles sont d'un âge moins avancé. Avant d'aller plus loin, je dois faire remarquer qu'il ne s'agit pas ici de l'âge mesuré rigoureusement par le temps écoulé depuis la naissance des utricules jusqu'au moment de l'observation, car tout moyen manque pour en déterminer la durée absolue. Il s'agit de l'âge que j'appellerai *physiologique;* c'est-à-dire du nombre plus ou moins grand de modifications successives que les utricules ont subies, nombre dont il est facile de se rendre compte, sinon dans tous les cas, du moins dans celui-ci Quant à l'explication du fait en lui-même, elle est très simple : les deux couches de cambium travaillent en même temps à l'accroissement de la région intermédiaire, l'une par sa partie la plus intérieure, l'autre par sa partie la plus extérieure, de telle sorte que des deux côtés, les utricules dernières formées, sont en général les plus éloignées de la ligne médiane vers laquelle se pressent les vieilles utricules.

» Au premier aperçu de cette disposition on serait tenté de croire à l'existence de deux courants marchant à l'encontre l'un de l'autre et finissant par se confondre. Mais l'observation attentive et réfléchie démontre que s'il est vrai que différents dépôts de cambium peuvent produire des utricules dans des directions opposées, il ne l'est pas moins qu'un mouvement centrifuge, unique, irrésistible, entraîne ensemble dans la même voie et les dépôts de cambium et toutes les utricules. Il n'y a donc en effet qu'un seul courant. Plus loin, j'appellerai de nouveau l'attention sur cet important phénomène qui a lieu également dans les trois régions. Je reviens à ce qui est particulier à la région intermédiaire.

» On observe dans cette région, où dominent en majeure partie les utricules issues des deux couches de *cambium,* un grand nombre de petits dépôts de cette matière, lesquels, sans qu'on puisse en démêler la cause, ont des destinées très diverses. Les uns remplissent les utricules, les

autres les interstices qu'elles laissent entre elles et que l'on désigne sous le nom de méats.

» Le cambium contenu dans les utricules n'est bien distinct que lorsqu'il a revêtu la forme d'un tissu cellulaire mucilagineux; il s'évanouit quelquefois peu après son apparition, et ne laisse nulle trace de son existence éphémère. D'autres fois ses cellules se séparent et s'égrainent en sphérioles qui n'ont aussi qu'une courte durée. D'autres fois encore une des cellules grandit seule et semble appelée à devenir la doublure de l'utricule qui la contient, mais arrêtée tout à coup dans son développement, elle se flétrit et se ramasse avec son cambium, en une masse amorphe de couleur de rouille qui se maintient quelque temps dans cet état et finit par disparaître.

» Le cambium qui se loge dans les méats de la région intermédiaire n'est pas moins abondant que celui qui se loge dans les utricules elles-mêmes : il se distribue çà et là en petits amas ou en longs filets. Dans le premier cas, la substance organisatrice passe si vite à l'état utriculaire qu'il est souvent impossible de constater les changements qu'elle subit avant d'y arriver. Les nouvelles utricules se distinguent tout d'abord des anciennes; elles sont plus petites, et leur paroi, au lieu de paraître une pellicule sèche et ferme, semble une matière gélatiforme amincie en lame. Mais en vieillissant ces utricules se fortifient, grandissent, se font place parmi les autres et se confondent avec elles. Dans le second cas, je veux dire lorsque le cambium, sous forme de filet, parcourt longitudinalement la région intermédiaire, la série presque entière des modifications et métamorphoses passe sous l'œil de l'observateur. Tout compte fait, il voit succéder à un cambium mamelonné, dans l'ordre où je vais les indiquer, un tissu cellulaire mucilagineux; un tissu cellulaire à parois couvertes de papilles; un tissu cellulaire à parois sèches, minces et finement striées; enfin un tissu composé de longues utricules distinctes, mais unies les unes aux autres. Et alors de nouvelles utricules s'emboîtent dans celles-ci, qui deviennent, par ce renfort, doubles, triples, quadruples, quintuples, etc.; et des pertuis ouverts à travers les parois font communiquer entre elles toutes les cavités utriculaires. Tel est le mode de formation de ces longs filets ligneux que les phytologistes ont remarqués dans la racine du Dattier, et dont les analogues se représentent dans le stipe et les feuilles.

» La couche de cambium placée entre la région périphérique et la région intermédiaire ne dure qu'un temps. On ne la retrouve plus dans les portions de la racine qui ont acquis une certaine consistance. Alors,

entre les parois des utricules limitrophes de l'une et de l'autre région, naissent çà et là des utricules qui, venant à se multiplier, se joignent et enferment, comme dans un fourreau, la région intermédiaire. Ces utricules sont tubulaires, polyèdres, ajustées bout à bout. De simples qu'elles étaient d'abord, elles deviennent complexes par l'adjonction de nouvelles utricules nées dans leurs cavités et qui communiquent ensemble par des pertuis. Elles ont donc la plus grande analogie avec les utricules des filets ligneux éparses dans la région intermédiaire.

» Venons à la région centrale. Dans sa première jeunesse, elle est séparée de la région intermédiaire par une couche de cambium qui, comme l'autre, sert à deux fins. On a vu qu'elle fournit des utricules à la région intermédiaire; on peut s'assurer qu'elle en fournit aussi à la région centrale. En effet, si l'on porte les yeux sur une coupe transversale enlevée avec dextérité en temps et place convenables, on retrouve à point nommé la série des métamorphoses qui, d'un côté, conduit à l'origine des utricules, et, de l'autre, au terme de leur développement. Il est de toute évidence que la plupart de ces utricules sont sorties de la grande couche de cambium, les unes plus tôt, les autres plus tard, et que selon leur âge plus ou moins avancé, elles se sont cantonnées plus près ou plus loin du centre. Au centre donc sont les utricules de première formation. Leur forme est cylindrique; elles tiennent très faiblement les unes aux autres par les points de contact. L'âge de la région dont elles font partie indique qu'elles sont encore en pleine végétation. Pour modification finale, elles passeront bientôt de l'état simple à l'état complexe. Les autres utricules composent un tissu continu, d'autant plus jeune qu'il est plus éloigné du centre. Les plus voisines de la région intermédiaire ne sont, à bien dire, qu'un cambium celluleux.

» A cette époque de la végétation, l'œil aidé du microscope ne saurait confondre la masse du tissu utriculaire de la région centrale avec celle de la région intermédiaire. Il est même assez facile de dessiner les caractères distinctifs des deux régions dans un moment donné. Mais entreprendre d'en observer, comparer et décrire toutes les modifications serait une tentative vaine. L'action incessante de la puissance végétative les fait varier à l'infini.

» Plus tard, une membrane celluleuse n'ayant partout qu'une utricule d'épaisseur, s'organise entre la région centrale et la région intermédiaire. Elle pose une limite précise à celle-ci, et, par conséquent, elle marque la place où l'autre commence. Ce que je vais dire de cette membrane ne se

rapportera qu'à ce qu'on peut en voir sur des coupes transversales. Elle s'y dessine en ceinture. Au moment où elle apparaît, ses utricules, prises une à une, n'offrent rien de particulier, et pourtant toutes ensemble attirent l'attention. C'est qu'elles affectent une forme déterminée, toutes étant à peu près carrées ou parallélogrammes, qu'elles sont environ d'égale grandeur, et qu'elles tiennent les unes aux autres côte à côte, en série concentrique; tandis que les utricules de la région intermédiaire ne gardent aucun ordre symétrique, varient sensiblement dans leurs dimensions, et diffèrent plus ou moins par leurs formes.

» En avançant en âge, les utricules de la ceinture se remplissent de cambium, qui ne tarde pas à devenir un tissu cellulaire, irrégulier dans toutes, différent dans chacune. Toujours rangées en cercle, elles prennent plus d'ampleur, et chacune d'elles se développe en hémicycle. Le diamètre des hémicycles s'appuie contre la région intermédiaire. La portion demi circulaire de ces mêmes hémicycles regarde l'intérieur de la région centrale. Pendant que les utricules se modifient ainsi, le tissu cellulaire qu'elles contiennent s'agence suivant un ordre symétrique et presque uniforme. Voici en quoi il consiste : au point central de chaque hémicycle il y a une petite cellule, copie en miniature de l'utricule qui la contient. De la face externe de cette cellule partent, comme des rayons divergents, des cloisons verticales, lesquelles vont s'attacher sur la face interne demi circulaire de la paroi de la grande utricule. Il s'ensuit que la cavité de celle-ci est divisée assez régulièrement en un certain nombre de loges trigones. Le tout ensemble imite, à faire illusion, une étroite dentelle festonnée. Par l'effet de la vieillesse ce dessin symétrique s'altère sans néanmoins s'effacer totalement. Il y a cela de particulier dans les modifications successives des utricules de la ceinture, qu'elles sont si subites que l'observateur le plus diligent n'en saurait suivre les progrès. Tout ce qu'il peut faire est de saisir au passage quelques-unes de ces modifications.

» La multiplication par emboîtement des utricules de la région centrale, ou, ce qui est la même chose, la transformation de ses utricules simples en utricules complexes, commence à peu de distance du centre et gagne de proche en proche jusqu'à la ceinture de la région. Ce phénomène, l'un des plus curieux de l'organogénie végétale, s'opère dans chaque cavité utriculaire, au moyen de dépôts successifs de cambium, lesquels n'ont qu'une courte existence, mais produisent avant de disparaître un petit nombre d'utricules destinées souvent à vivre des siècles. J'expliquerai tout-à-l'heure comment s'opèrent ces formations.

» De petits, moyens et grands vaisseaux parcourent la région centrale dans sa longueur. Ces vaisseaux forment, par leur rapprochement, des lames plus ou moins continues, lesquelles, en général, se disposent selon la direction des rayons. Les petits vaisseaux s'adossent contre les utricules les plus voisines de la ceinture; les moyens viennent ensuite et ne s'éloignent guère des petits; les grands se rapprochent du centre et souvent finissent par s'isoler les uns des autres. Tous, petits, moyens et grands, sont des tubes polyèdres dont les facettes, ouvertes par des fentes transversales, ou paraissant telles, représentent tant bien que mal de petites échelles. De là le nom de *vaisseaux scalariformes*, qui leur a été donné par les Allemands (1). Chacune des lames vasculaires est séparée de ses deux voisines par une épaisse masse d'utricules, qui s'étend jusqu'à la ceinture de la région. Durant le cours de la végétation, le cambium afflue surtout vers la partie moyenne de la masse; il enveloppe et remplit ses utricules. La surabondance de la matière organisatrice rend d'abord la vision si confuse qu'aucune particularité ne s'offre que je puisse nommer ou décrire; mais à l'aide du temps la matière revêt des formes organiques distinctes. Des utricules, jointes précédemment, se séparent et se retirent les unes à droite, les autres à gauche; et, tandis que cela se passe, un tissu cellulaire mucilagineux à cloisons toutes couvertes de papilles, vient occuper l'espace abandonné par les anciennes utricules.

» Le nouveau tissu s'élargit en lame irrégulière, et, de même que les lames composées de vaisseaux scalariformes, il se projette vers le centre. Les jeunes cellules qui le constituent diffèrent de forme, de grandeur et de position. Les unes sont très petites; elles se dessinent souvent sur la coupe transversale en polygones à cinq ou six côtés, et sont rassemblées en groupe tout contre la ceinture, contre laquelle aussi s'appuient, à peu de distance de là, les petits vaisseaux scalariformes. Les autres cellules, grandes ou moyennes, affectent des formes variées et se rangent à la suite des petites, dans la direction des rayons. Plusieurs phytologistes ont avancé que ces lames cellulaires étaient composées de laticifères. Ils n'ont

(1) Je me sers du langage usité quand je dis des parois qu'elles sont *fendues ou percées à jour;* mais je reconnais que dans la racine du Dattier, ce qui semble être des ouvertures n'est très probablement, dans beaucoup de cas, qu'un notable amincissement local des parois. Cette manière de voir est conforme à l'opinion de M. Mohl. Toutefois, je serais tenté de croire qu'il l'a trop généralisée. Il n'y a pas loin de l'amincissement de la membrane à une ouverture, et toute ouverture dans une utricule commence par un amincissement.

cité, que je sache, aucun fait à l'appui de leur opinion. Sitôt que je l'ai connue, je l'ai jugée peu fondée, et, quand je l'ai soumise à un examen sérieux, je l'ai trouvée en contradiction manifeste avec les résultats de mes recherches. Au lieu de vaisseaux ramifiés communiquant entre eux par des anastomoses, et contenant un suc coloré qui charrie des granules, je n'ai vu que de simples cellules allongées, dépourvues de suc comparable au latex. J'ai pensé dès-lors que la lame cellulaire dont le tissu est si transparent et si délicat, ne pouvait être autre chose que la première ébauche d'une nouvelle lame vasculaire. Je ne me suis pas trompé ; j'ai été témoin de la transformation graduelle des utricules en petits, moyens et grands vaisseaux scalariformes. Mes dessins, exécutés avec la plus scrupuleuse exactitude, confirment cette assertion.

» Chaque nouvelle lame venant à s'allonger partage en deux la masse utriculaire au milieu de laquelle elle a pris naissance; et, pendant que cette séparation s'opère, il se forme dans chaque moitié un autre dépôt de cambium qui devient bientôt une lame cellulaire, laquelle à son tour se change en une lame vasculaire. Ces formations et transformations, si promptes dans la jeunesse qu'on a peine à les suivre, si lentes dans la vieillesse qu'on les cherche long-temps avant de pouvoir en constater la réalité, se répètent toujours semblables à elles-mêmes, tant que la racine a la puissance de reproduire du cambium. C'est pourquoi les lames cellulaires s'offrent presque toujours égales en nombre aux lames vasculaires, quel que soit d'ailleurs l'âge de la racine.

» La prodigieuse multiplication des germes est la meilleure garantie de la conservation des races. Cette vérité est si évidente qu'elle est devenue un sujet vulgaire d'amplification. Pour la faire ressortir davantage, par un contraste, on a trouvé bon de dire que la nature se montrait peu soucieuse du sort des individus. Cependant c'est encore à l'aide d'une production qui n'a, pour ainsi dire, pas de limites, qu'elle assure l'existence temporaire et le complet développement d'un grand nombre d'entre eux. L'histoire entière du cambium dépose en faveur de cette assertion. J'en fais particulièrement la remarque à l'occasion des gros vaisseaux de la racine du Dattier. L'exemple est des plus instructifs : à lui seul il suffit pour mettre sur la voie d'une judicieuse interprétation de tous les faits analogues.

» De même que les utricules dont j'ai parlé plus haut, ces gros vaisseaux qui, à dire vrai, ne sont que des séries d'utricules ajustées et soudées bout à bout, passent de l'état simple à l'état complexe. Pour savoir comment ce changement s'exécute, reprenons les vaisseaux dans leur jeu-

nesse. Ils contiennent fréquemment un cambium celluleux; les cellules y sont si multipliées que pendant long-temps je n'ai pu comprendre à quelle fin une telle quantité d'utricules était logée dans les étroites limites du calibre de chaque vaisseau. Plus tard, des observations répétées m'ont appris que souvent l'une des cellules et quelquefois plusieurs, mais toujours un petit nombre, se détachent de la masse du cambium et se transforment en utricules. Parmi celles-ci, pour l'ordinaire, il en est une qui, mieux constituée que les autres, ou peut-être plus favorisée par des circonstances que nous ne saurions apprécier, grandit plus vite et ne s'arrête dans sa croissance que lorsqu'elle rencontre la paroi du gros vaisseau, contre laquelle elle s'applique et dont, par conséquent, elle augmente l'épaisseur. Sans doute on demandera ce que sont devenus, dans ces conjonctures, les autres utricules et le cambium celluleux qui remplissaient d'abord toute la capacité du vaisseau. A cette question je répondrai que le cambium et les utricules refoulés vers la circonférence, se sont amoindris à mesure que l'espace s'est resserré et finalement ont disparu, semblables, je le répète, à cette foule d'embryons qui, appelés à concourir au maintien des races, se trouvent la plupart incapables de soutenir la concurrence et périssent presque aussitôt que nés.

»L'addition d'une seule utricule ne suffit point à l'achèvement du vaisseau. Viennent à sa suite une seconde, une troisième, une quatrième utricule et plus, qui s'emboîtent les unes dans les autres. Voulant me rendre raison de ces formations successives, je ne les ai pas perdues de vue. Peu après son apparition la première utricule se remplit d'un cambium dont les cellules, comparées à celles que le vaisseau contient encore, sont très petites. Mais à mesure que la première utricule grandit, les cellules de son cambium grandissent aussi. L'une d'elles se détache de la masse et constitue une seconde utricule qui se comporte absolument comme la première. Une troisième utricule, engendrée par le cambium de la seconde, a le même sort, et ainsi des autres. Je ne m'étendrai pas davantage sur ce sujet : les faits parlent d'eux-mêmes. Tout le monde comprendra comment s'opère dans les grands vaisseaux (j'ajouterai dans les petits vaisseaux et les utricules) cette stratification de couches membraneuses qui fortifient leurs parois, et est en même temps la cause efficiente de l'extinction d'une innombrable quantité de germes.

» L'accroissement de la racine est la conséquence immédiate de la formation du cambium. Si après avoir exposé la cause, je n'essayais d'expliquer l'effet, ces notes seraient par trop insuffisantes. Ce n'est pas que je

veuille disserter longuement sur la manière de croître des racines. Je me bornerai à la plus brève exposition de ce que j'ai observé dans le Dattier; et même, pour ce qui a rapport à l'allongement, je m'en référerai à un passage de mes premières notes publiées en 1837 dans le *Compte rendu* (1). Quant à l'épaississement, je n'en ai dit qu'un mot à l'occasion de la zone ntermédiaire, mais j'ai pris l'engagement d'y revenir : il est temps que je tienne parole.

» L'expérience m'a appris que le moyen le plus sûr d'éclairer le phénomène de l'accroissement était de se mettre en quête des divers gisements du cambium, et de l'épier dans toutes les phases de ses développements. Les parties jeunes de la racine en sont très largement pourvues. Il se montre aussi, mais en moindre abondance, dans les parties les plus vieilles. On a vu qu'à certaines époques il forme deux couches, l'une entre la région périphérique et la région intermédiaire, l'autre entre la région intermédiaire et la région centrale; que, dans cette dernière, il s'avance vers le centre en lames convergentes; que souvent il envahit les cavités utriculaires ou vasculaires; qu'il se loge dans les méats et se glisse jusque entre les utricules; qu'enfin il n'existe pas de partie si dure et si compacte qu'elle puisse lui fermer tout accès. Or, le cambium, qu'est-ce autre chose que la substance organisatrice? et puisque cette substance se présente partout, ne faut-il pas aussi qu'il y ait partout production de nouvelles utricules, accroissement des anciennes, et par conséquent augmentation dans tous les points du corps vivant? L'observation prouve ce que démontre le raisonnement. Les utricules doivent être considérées comme formant en commun, depuis le centre jusqu'à la circonférence, une multitude de cercles, ou plutôt de couches concentriques plus ou moins régulières. Chaque couche, par l'addition d'utricules dont le nombre et la puissance amplifiante sont à la fois en rapport avec la position qu'elle occupe et l'accroissement général de la racine, s'élargit et s'éloigne du centre de telle sorte qu'elle ne cesse pas un moment d'être en contact avec les autres couches. Toutes ensemble donc se portent en avant, et ce mouvement centrifuge est assez ferme pour que, dans maintes circonstances, les couches mortes ou vives de la région périphérique ne pouvant se distendre, se rompent. Jusque là, exclusivement, tout s'exécute sous l'empire des forces vitales; là seulement on reconnaît, à n'en pouvoir douter, l'œuvre d'une force mécanique. Il est bien entendu qu'à mesure que le

(1) *Voy.* 2e semestre, 27 août, p. 296 et 297.

corps de la racine empiète sur l'espace environnant, de nouvelles utricules naissent au centre et y remplissent la place abandonnée par les anciennes.

» Ici se terminent mes Notes. Si, par impossible, les faits principaux qu'elles renferment ne se pouvaient voir que dans le Dattier, force serait sans doute de reconnaître que ce végétal offre une exception des plus étonnantes. Si au contraire (ce qui ne me surprendrait pas), ces faits se reproduisaient pour la plupart dans la généralité des racines des Monocotylés, il faudrait convenir que non-seulement ils sont de nature à exciter la curiosité, mais aussi qu'ils ont une certaine importance. Enfin, si un ou plusieurs de ces faits se rencontraient dans divers organes appartenant à des espèces prises sans choix parmi les phanérogames et les cryptogames, il semble qu'on ne pourrait se refuser à les accepter comme l'expression de lois générales. Ces considérations, qui se sont présentées fréquemment à mon esprit, durant le cours de mes recherches, soulèvent des questions d'un haut intérêt pour les progrès de la science. Ne peut-on pas se flatter qu'à cette époque si féconde en découvertes physiologiques, leur solution ne saurait guère se faire attendre? »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE.—*Sur l'intensité de la lumière polarisée et réfléchie par des surfaces métalliques; par* M. **AUGUSTIN CAUCHY.**

« Dans la Note que renferme le *Compte rendu* de la séance du 8 avril, j'ai donné la quantité de lumière réfléchie sous l'incidence perpendiculaire et sous l'incidence principale par quatre métaux divers, et j'ai ajouté que les nombres obtenus ne seraient plus les mêmes si l'on substituait à la lumière ordinaire de la lumière polarisée. Effectivement, si, en prenant pour unité l'intensité de la lumière incidente, on représente l'intensité de la lumière réfléchie par I^2 ou par J^2, selon que les rayons sont polarisés perpendiculairement au plan d'incidence ou suivant ce même plan, et si l'on fait réfléchir les rayons sous l'incidence principale, on tirera des formules que j'ai données dans la séance du 8 avril :

» 1°. En adoptant pour l'azimut principal de réflexion la valeur déduite des observations directes:

	Pour l'argent,	le mercure,	le métal des miroirs,	l'acier.
$J^2 =$	0,962	0,945	0,897	0,870
$I^2 =$	0,780	0,465	0,350	0,302
$\frac{I^2 + J^2}{2} =$	0,871	0,704	0,623	0,586

» 2°. En adoptant pour l'azimut principal de réflexion la valeur tirée des observations indirectes:

	Pour l'argent,	le mercure,	le métal des miroirs,	l'acier.
$J^2 =$	0,967	0,944	0,895	0,859
$I^2 =$	0,805	0,461	0,344	0,263
$\frac{I^2+J^2}{2} =$	0,886	0,702	0,620	0,561

» Donc, en s'arrêtant aux valeurs moyennes entre celles que l'on déduit de l'observation directe et de l'observation indirecte de l'azimut principal, on aura:

	Pour l'argent,	le mercure,	le métal des miroirs,	l'acier.
$I^2 =$	0,96	0,94	0,90	0,86
$I^2 =$	0,79	0,46	0,35	0,28
$\frac{I^2+J^2}{2} =$	0,88	0,70	0,62	0,57

» En calculant pour l'acier les valeurs de I^2 et de J^2 relatives à diverses incidences, et adoptant pour l'azimut principal de réflexion la valeur déduite de l'observation indirecte, on trouve pour les incidences de

	0°	10°	30°	50°	73°	75°
$J^2 =$	0,548	0,553	0,596	0,683	0,814	0,859
$I^2 =$	0,548	0,543	0,499	0,402	0,261	0,263
$\frac{I^2+J^2}{2} =$	0,548	0,548	0,547	0,542	0,548	0,561

» Je joins à cette Note la suite du Mémoire sur les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Suite du Mémoire sur les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelles; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Fin du § V. (Voir le *Compte rendu* de la séance du 22 avril.)

« Soient maintenant

$$A', B', C'; \quad A'', B'', C''; \quad A''', B''', C''',$$

trois systèmes de valeurs de

$$A, B, C,$$

qui correspondent aux trois valeurs de s^2 représentées par

$$s'^2, s''^2, s'''^2;$$

et nommons

$$\upsilon', \upsilon'', \upsilon''',$$

les valeurs correspondantes de υ. On aura

$$(34)\quad \left\{\begin{aligned} \upsilon' &= A'\xi + B'\eta + C'\zeta,\\ \upsilon'' &= A''\xi + B''\eta + C''\zeta,\\ \upsilon''' &= A'''\xi + B'''\eta + C'''\zeta. \end{aligned}\right.$$

Supposons, d'ailleurs, que ces dernières équations étant résolues par rapport à ξ, η, ζ, on en tire

$$(35)\quad \left\{\begin{aligned} \xi &= a'\upsilon' + a''\upsilon'' + a'''\upsilon''',\\ \eta &= b'\upsilon' + b''\upsilon'' + b'''\upsilon''',\\ \zeta &= c'\upsilon' + c''\upsilon'' + c'''\upsilon'''. \end{aligned}\right.$$

Comme on devra obtenir des équations identiques, en substituant dans les formules (34) les valeurs de ξ, η, ζ fournies par les équations (35) ou dans les formules (35) les valeurs de υ', υ'', υ''' fournies par les équations (34), on aura non-seulement

$$(36)\quad \left\{\begin{aligned} &a'A' + b'B' + c'C' = 1, && a''A' + b''B' + c''C' = 0, && a'''A' + b'''B' + c'''C' = 0,\\ &a'A'' + b'B'' + c'C'' = 0, && a''A'' + b''B'' + c''C'' = 1, && a'''A'' + b'''B'' + c'''C'' = 0,\\ &a'A''' + b'B''' + c'C''' = 0, && a''A''' + b''B''' + c''C''' = 0, && a'''A''' + b'''B''' + c'''C''' = 1, \end{aligned}\right.$$

mais encore

$$(37)\quad \left\{\begin{aligned} &a'A' + a''A'' + a'''A''' = 1, && b'A' + b''A'' + b'''A''' = 0, && c'A' + c''A'' + c'''A''' = 0,\\ &a'B' + a''B'' + a'''B''' = 0, && b'B' + b''B'' + b'''B''' = 1, && c'B' + c''B'' + c'''B''' = 0,\\ &a'C' + a''C'' + a'''C''' = 0, && b'C' + b''C'' + b'''C''' = 0, && c'C' + c''C'' + c'''C''' = 1, \end{aligned}\right.$$

et, en vertu des formules (36), on pourra regarder

$$a', b', c';\quad a'', b'', c'';\quad a''', b''', c''',$$

comme trois systèmes de valeurs des constantes

$$a, b, c,$$

assujéties à vérifier l'équation

$$(38)\qquad aA + bB + cC = 1$$

avec deux des formules

$$(39)\quad \left\{\begin{aligned} aA' + bB' + cC' &= 0,\\ aA'' + bB'' + cC'' &= 0,\\ aA''' + bB''' + cC''' &= 0, \end{aligned}\right.$$

savoir, avec celles de ces formules qui ne contredisent pas l'équation (38).

Ainsi, en particulier,

$$\mathrm{a}', \ \mathrm{b}', \ \mathrm{c}',$$

seront les valeurs de

$$\mathrm{a}, \ \mathrm{b}, \ \mathrm{c},$$

propres à vérifier l'équation (38) avec les deux dernières des formules (39), desquelles on tirera

$$(40) \qquad \frac{\mathrm{a}}{\mathrm{B''C'''-B'''C''}} = \frac{\mathrm{b}}{\mathrm{C''A'''-C'''A''}} = \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{A''B'''-A'''B''}};$$

de plus, comme en vertu des équations (15) ou, ce qui revient au même, en vertu de la formule (15) du § III, les différences

$$\mathrm{B''C'''-B'''C''}, \quad \mathrm{C''A'''-C'''A''}, \quad \mathrm{A''B'''-A'''B'},$$

seront en général, et lorsque s''^2 différera de s'^2, respectivement proportionnelles aux produits des différences

$$\left(\mathfrak{M}-\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right)-\left(\mathfrak{N}-\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right), \quad \left(\mathfrak{N}-\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right)-\left(\mathfrak{L}-\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right), \quad \left(\mathfrak{L}-\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right)-\left(\mathfrak{M}-\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right),$$

par les coefficients

$$\mathfrak{P}, \ \mathfrak{Q}, \ \mathfrak{R},$$

et par les expressions

$$\left(s''^2-\mathfrak{L}+\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right)\left(s'''^2-\mathfrak{L}+\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right), \quad \left(s''^2-\mathfrak{M}+\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right)\left(s'''^2-\mathfrak{M}+\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right),$$
$$\left(s''^2-\mathfrak{N}+\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right)\left(s'''^2-\mathfrak{N}+\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right),$$

il est clair que, si l'on pose pour abréger

$$(41) \qquad \left\{ \begin{aligned} \boldsymbol{\mathfrak{P}} &= \mathfrak{P}\left(s'^2-\mathfrak{L}+\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right)\left(s''^2-\mathfrak{L}+\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right)\left(s'''^2-\mathfrak{L}+\frac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}\right), \\ \boldsymbol{\mathfrak{Q}} &= \mathfrak{Q}\left(s'^2-\mathfrak{M}+\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right)\left(s''^2-\mathfrak{M}+\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right)\left(s'''^2-\mathfrak{M}+\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}\right), \\ \boldsymbol{\mathfrak{R}} &= \mathfrak{R}\left(s'^2-\mathfrak{N}+\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right)\left(s''^2-\mathfrak{N}+\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right)\left(s'''^2-\mathfrak{N}+\frac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}\right), \end{aligned} \right.$$

on tirera généralement de la formule (40), jointe à l'équation (38),

$$
(42)\left\{\begin{aligned}
&\frac{\mathrm{a}}{\mathfrak{P}\dfrac{\left(\mathcal{M}-\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)-\left(\mathcal{N}-\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)}{s^2-\mathcal{L}+\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}}}
=\frac{\mathrm{b}}{\mathfrak{Q}\dfrac{\left(\mathcal{N}-\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)-\left(\mathcal{L}-\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)}{s^2-\mathcal{N}+\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}}}
=\frac{\mathrm{c}}{\mathfrak{R}\dfrac{\left(\mathcal{L}-\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)-\left(\mathcal{M}-\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)}{s^2-\mathcal{N}+\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}}}\\
&=\frac{1}{\mathrm{A}\mathfrak{P}\dfrac{\left(\mathcal{M}-\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)-\left(\mathcal{N}-\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)}{s^2-\mathcal{L}+\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}}+\mathrm{B}\mathfrak{Q}\dfrac{\left(\mathcal{N}-\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)-\left(\mathcal{L}-\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)}{s^2-\mathcal{M}+\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}}+\mathrm{C}\mathfrak{R}\dfrac{\left(\mathcal{L}-\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)-\left(\mathcal{M}-\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)}{s^2-\mathcal{N}+\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}}}.
\end{aligned}\right.
$$

Enfin, comme en vertu des formules (41), $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{R}$ seront des fonctions entières et symétriques des racines

$$s'^2,\quad s''^2,\quad s'''^2,$$

de l'équation (23), par conséquent des fonctions rationnelles des coefficients

$$\mathcal{L},\quad \mathcal{M},\quad \mathcal{N},\quad \mathcal{P},\quad \mathcal{Q},\quad \mathcal{R},$$

les valeurs des produits

$$\mathrm{aA},\quad \mathrm{aB},\quad \mathrm{aC},\quad \mathrm{bA},\quad \mathrm{bB},\quad \mathrm{bC},\quad \mathrm{cA},\quad \mathrm{cB},\quad \mathrm{cC};$$

et par suite les valeurs de

$$\mathrm{a}\upsilon,\quad \mathrm{a}\vartheta;\quad \mathrm{b}\upsilon,\quad \mathrm{b}\vartheta;\quad \mathrm{c}\upsilon,\quad \mathrm{c}\vartheta;$$

déduites de la formule (42), seront évidemment des fonctions rationnelles de s^2 et des coefficients

$$\mathcal{L},\quad \mathcal{M},\quad \mathcal{N},\quad \mathcal{P},\quad \mathcal{Q},\quad \mathcal{R},$$

qui dépendent uniquement de la constante k.

» Concevons à présent, que dans les formules (35), on substitue les valeurs de

$$\upsilon',\quad \upsilon'',\quad \upsilon''',$$

que fournit l'équation (20), quand on pose successivement

$$s^2 = s'^2,\quad s^2 = s''^2,\quad s^2 = s'''^2;$$

alors, en désignant par

$$\xi_{,},\quad \eta_{,},\quad \zeta_{,},$$

les parties de

$$\xi,\quad \eta,\quad \zeta,$$

qui renferment l'exponentielle

$$e^{k\iota - st},$$

dans laquelle s représente l'une quelconque des six constantes

$$s', \ -s', \ s'', \ -s'', \ s''', \ -s''',$$

on trouvera généralement

$$(43) \quad \begin{cases} \xi = \xi_{s'} + \xi_{-s'} + \xi_{s''} + \xi_{-s''} + \xi_{s'''} + \xi_{-s'''}, \\ \eta = \eta_{s'} + \eta_{-s'} + \eta_{s''} + \eta_{-s''} + \eta_{s'''} + \eta_{-s'''}, \\ \zeta = \zeta_{s'} + \zeta_{-s'} + \zeta_{s''} + \zeta_{-s''} + \zeta_{s'''} + \zeta_{-s'''}, \end{cases}$$

les valeurs de

$$\xi_s, \quad \eta_s, \quad \zeta_s,$$

étant pour chaque valeur de s, déterminées par la formule

$$(44) \qquad \frac{\xi_s}{a} = \frac{\eta_s}{b} = \frac{\zeta_s}{c} = \frac{1}{2}\varpi e^{kv-st} + \frac{1}{2}\int_0^t \psi e^{kv-st}\,dt,$$

de laquelle on tire

$$(45) \quad \begin{cases} \xi_s = \frac{1}{2}\mathrm{a}\left(\varpi e^{kv-st} + \int_0^t \psi e^{kv-st} dt\right), \\ \eta_s = \frac{1}{2}\mathrm{b}\left(\varpi e^{kv-st} + \int_0^t \psi e^{kv-st} dt\right), \\ \zeta_s = \frac{1}{2}\mathrm{c}\left(\varpi e^{kv-st} + \int_0^t \psi e^{kv-st} dt\right), \end{cases}$$

et par suite

$$(45) \quad \begin{cases} \xi_s + \xi_{-s} = \mathrm{a}\left(\varpi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \int_0^t \psi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-s}}{2} dt\right), \\ \eta_s + \eta_{-s} = \mathrm{b}\left(\varpi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \int_0^t \psi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} dt\right), \\ \zeta_s + \zeta_{-s} = \mathrm{c}\left(\varpi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \int_0^t \psi \frac{{}^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} dt\right), \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même,

$$(46) \quad \begin{cases} \xi_s + \xi_{-s} = \mathrm{a}\left(\varpi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \psi \frac{e^{kv+st} - e^{kv-st}}{2s}\right), \\ \eta_s + \eta_{-s} = \mathrm{b}\left(\varpi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \psi \frac{e^{kv+st} - e^{kv-st}}{2s}\right), \\ \zeta_s + \zeta_{-s} = \mathrm{c}\left(\varpi \frac{e^{kv+st} + e^{kv-st}}{2} + \psi \frac{e^{kv+st} - e^{kv-st}}{2s}\right). \end{cases}$$

§ VI. *Sur le mode de propagation des ondes planes.*

» Parmi les mouvements infiniment petits que peut offrir un système homogène de molécules, on doit surtout distinguer ceux dans lesquels les valeurs initiales des déplacements symboliques

$$\xi,\quad \eta,\quad \zeta$$

dépendent uniquement de la distance v à un plan invariable, et doivent satisfaire aux conditions (8), (9) du paragraphe précédent. Lorsque ces mêmes conditions doivent être remplies pour $t=0$, quel que soit v, alors les valeurs générales de ξ, η, ζ se trouvent déterminées par les formules (43) et (45) et (46) du § V; et par suite, comme on l'a déjà remarqué, le mouvement du système, au bout du temps t, résulte de la superposition de six mouvements simples dont chacun peut s'éteindre pour des valeurs croissanses de t ou de v, ou bien encore se propager sans s'affaiblir. Ce dernier cas se présente lorsque les valeurs des constantes

$$\kappa \text{ et } s$$

n'offrent pas de parties réelles; en sorte qu'on ait, par exemple,

$$k = \mathrm{k}\sqrt{-1},\quad s = \omega \mathrm{k}\sqrt{-1}, \tag{1}$$

k et ω désignant des constantes réelles. Alors, les conditions (8), (9) du § V, qui doivent être remplacées, quel que soit v, pour $t=0$, se réduisent à

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{lll} \xi = \mathcal{A}e^{\mathrm{k}v\sqrt{-1}}, & \eta = \mathcal{B}e^{\mathrm{k}v\sqrt{-1}}, & \zeta = \mathcal{C}e^{\mathrm{k}v\sqrt{-1}}, \\ \dfrac{d\xi}{dt} = \mathcal{D}e^{\mathrm{k}v\sqrt{-1}}, & \dfrac{d\eta}{dt} = \mathcal{E}e^{\mathrm{k}v\sqrt{-1}}, & \dfrac{d\zeta}{dt} = \mathcal{F}e^{\mathrm{k}v\sqrt{-1}}, \end{array}\right.$$

et les formules (4) du même paragraphe qui fournissent, non pas les valeurs totales de

$$\xi,\quad \eta,\quad \zeta,$$

mais seulement les parties de ces valeurs qui correspondent à l'une des six valeurs de s, par conséquent à l'une des six valeurs de la quantité

$$\omega = \frac{s}{k} \tag{3}$$

deviennent

$$(4)\quad \left\{\begin{array}{l} \xi_{,} = \tfrac{1}{2}\mathrm{a}\left[\mathcal{U}e^{\mathrm{k}(v-\omega t)\sqrt{-1}} + \int_0^t \mathcal{V}e^{\mathrm{k}(v-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau\right], \\ \eta_{,} = \tfrac{1}{2}\mathrm{b}\left[\mathcal{U}e^{\mathrm{k}(v-\omega t)\sqrt{-1}} + \int_0^t \mathcal{V}e^{\mathrm{k}(v-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau\right], \\ \zeta_{,} = \tfrac{1}{2}\mathrm{c}\left[\mathcal{U}e^{\mathrm{k}(v-\omega t)\sqrt{-1}} + \int_0^t \mathcal{V}e^{\mathrm{k}(v-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau\right], \end{array}\right.$$

τ désignant une variable auxiliaire à l'égard de laquelle les intégrations s'effectuent entre les limites

$$\tau = 0, \quad \tau = t.$$

Ajoutons qu'en vertu de l'équation (3) la formule

$$(5) \qquad F(k, s) = 0,$$

qui fournit la relation entre k et s, pourra s'écrire comme il suit

$$(6) \qquad F(k, \omega k) = 0,$$

et se réduira, si la fonction $F(k, s)$ est homogène, à

$$(7) \qquad F(1, \omega) = 0.$$

Donc alors la valeur de ω deviendra indépendante de la valeur attribuée à k. Enfin, si les trois équations des mouvements infiniment petits du système que l'on considère se réduisent à des équations homogènes, les produits

$$aA, \quad aB, \quad aC, \quad bA, \quad bB, \quad bC, \quad cA, \quad cB, \quad cC,$$

et par suite les produits

$$a\mho, \quad a\wp, \quad b\mho, \quad b\wp, \quad c\mho, \quad c\wp;$$

seront eux-mêmes indépendants de la valeur attribuée à k, en vertu de la formule (42) du § V.

» Si l'on désigne par

$$\varphi(v), \quad \chi(v), \quad \psi(v), \quad \Phi(v), \quad X(v), \quad \Psi(v),$$

les seconds membres des équations (2), c'est-à-dire les valeurs initiales de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \quad \frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{d\eta}{dt}, \quad \frac{d\zeta}{dt},$$

que fournissent ces mêmes équations, on tirera des formules (4), jointes aux équations (19) du § V,

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} \xi_s &= \tfrac{1}{2} a \left[A\varphi(v - \omega t) + B\chi(v - \omega t) + C\psi(v - \omega t)\right] \\ &\quad + \int_0^t \tfrac{1}{2} a \left[A\Phi(v - \omega\tau) + BX(v - \omega\tau) + C\Psi(v - \omega\tau)\right] d\tau, \\ \eta_s &= \tfrac{1}{2} b \left[A\varphi(v - \omega t) + B\chi(v - \omega t) + C\psi(v - \omega t)\right] \\ &\quad + \int_0^t \tfrac{1}{2} b \left[A\Phi(v - \omega\tau) + BX(v - \omega\tau) + C\Psi(v - \omega\tau)\right] d\tau, \\ \zeta_s &= \tfrac{1}{2} c \left[A\varphi(v - \omega t) + B\chi(v - \omega t) + C\psi(v - \omega t)\right] \\ &\quad + \int_0^t \tfrac{1}{2} c \left[A\Phi(v - \omega\tau) + BX(v - \omega\tau) + C\Psi(v - \omega\tau)\right] d\tau. \end{aligned} \right.$$

» Supposons maintenant que les conditions (2) doivent se vérifier pour $t = 0$, non plus quel que soit v, mais seulement entre les limites

(9) $$v = v_0, \quad v = v_1.$$

Pour tenir compte de cette dernière circonstance, il suffira de remplacer, dans les formules (2), l'exponentielle

$$e^{kv\sqrt{-1}},$$

par l'intégrale définie

(10) $$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1} e^{\upsilon(v-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{k\rho\sqrt{-1}}\, d\rho d\upsilon,$$

qui possède la double propriété de se réduire à cette exponentielle, quand v reste comprise entre les limites dont il s'agit, et de s'évanouir quand v est située hors de ces limites. Or cela reviendra évidemment à remplacer l'exponentielle

$$e^{kv\sqrt{-1}}$$

par une somme composée d'un nombre infini de termes proportionnels à d'autres exponentielles de la forme

$$e^{\upsilon v\sqrt{-1}},$$

le coefficient de chacune de ces dernières étant lui-même une expression de la forme

$$\frac{1}{2\pi}\Delta\upsilon\int_{v_0}^{v_1} e^{(k-\upsilon)\rho\sqrt{-1}}\, d\rho,$$

et $\Delta\upsilon$ désignant un accroissement infiniment petit attribué à la variable auxiliaire υ. Donc alors si l'on représente toujours par

$$\xi_{\prime}, \quad \eta_{\prime}, \quad \zeta_{\prime},$$

les parties de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta,$$

qui correspondent à une racine s de l'équation (5), on devra, aux formules (4), substituer les équations

$$(11)\quad\left\{\begin{aligned}
\xi_s &= \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}\,\mathrm{a}\mho\, e^{\upsilon(v-\omega t-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon \\
&+ \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{t}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}\,\mathrm{a}\wp\, e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon\, d\tau, \\
\eta_s &= \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}\,\mathrm{b}\mho\, e^{\upsilon(v-\omega t-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon \\
&+ \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{t}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}\,\mathrm{b}\wp\, e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon\, d\tau, \\
\zeta_s &= \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}\,\mathrm{c}\mho\, e^{\upsilon(v-\omega t-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon \\
&+ \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{t}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}\,\mathrm{c}\wp\, e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon\, d\tau,
\end{aligned}\right.$$

en considérant toujours

$$a,\ b,\ c,\quad \mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

par conséquent

$$\mho \text{ et } \wp$$

comme fonctions des coefficients

$$k \text{ et } s,$$

et supposant ces coefficients déterminés non plus par les formules (1), mais par les suivantes

$$(12)\qquad k = \upsilon\sqrt{-1},\quad s = \omega\upsilon\sqrt{-1}.$$

» Lorsque les trois équations des mouvements infiniment petits se réduiront à des équations homogènes, alors la valeur de ω et celles des produits

$$\mathrm{a}\mho,\ \mathrm{a}\wp;\quad \mathrm{b}\mho,\ \mathrm{b}\wp;\quad \mathrm{c}\mho,\ \mathrm{c}\wp,$$

seront, dans les formules (11), indépendantes de υ; et par suite les intégrales doubles relatives aux variables auxiliaires ρ et υ, dans ces formules, seront proportionnelles à l'une des expressions

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1} e^{\upsilon(v-\omega t-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\omega,$$

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1} e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}\, e^{\mathrm{k}\rho\sqrt{-1}}\, d\rho\, d\upsilon,$$

qui, pour des valeurs réelles de ω, se réduisent à zéro ou aux deux exponentielles

$$e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}, \quad e^{k(v-\omega\tau)\sqrt{-1}},$$

suivant que les différences

$$v-\omega t, \quad v-\omega\tau,$$

se trouvent situées ou non hors des limites v_0, v_1. Donc alors les valeurs de

$$\xi_s, \quad \eta_s, \quad \zeta_s$$

se réduiront à celles que fournissent les équations (4) quand on convient de remplacer par zéro chacune des exponentielles

$$e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}, \quad e^{k(v-\omega\tau)\sqrt{-1}},$$

toutes les fois que le coefficient de $\sqrt{-1}$ dans l'exposant est situé hors des limites v_0, v_1. En conséquence, si, les équations des mouvements infiniment petits étant homogènes, les valeurs de ω fournies par l'équation (7) sont réelles, les formules (11) donneront 1° pour $v > v_1 + \omega t$,

$$(13) \qquad \xi_s = 0, \quad \eta_s = 0, \quad \zeta_s = 0;$$

2° pour $v < v_0 + \omega t$,

$$(14) \quad \xi_s = \frac{a\vartheta}{2\omega}\int_{v_0}^{v} e^{k\rho\sqrt{-1}}d\rho, \quad \eta_s = \frac{b\vartheta}{2\omega}\int_{v_0}^{v} e^{k\rho\sqrt{-1}}d\rho, \quad \zeta_s = \frac{c\vartheta}{2\omega}\int_{v_0}^{v} e^{k\rho\sqrt{-1}}d\rho;$$

tandis que, pour des valeurs de v comprises entre les limites

$$(15) \qquad v = v_0 + \omega t, \quad v = v_1 + \omega t,$$

les mêmes formules, jointes à la seconde des équations (1), donneront

$$(16) \left\{ \begin{aligned} \xi_s &= \tfrac{1}{2} a \mho e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}} + \tfrac{1}{2} a\vartheta \frac{e^{kv\sqrt{-1}} - e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}}{s}, \\ \eta_s &= \tfrac{1}{2} b \mho e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}} + \tfrac{1}{2} b\vartheta \frac{e^{kv\sqrt{-1}} - e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}}{s}, \\ \zeta_s &= \tfrac{1}{2} c \mho e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}} + \tfrac{1}{2} c\vartheta \frac{e^{kv\sqrt{-1}} - e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}}{s}, \end{aligned} \right.$$

et par suite,

$$(17) \left\{ \begin{aligned} \xi_s + \xi_{-s} &= \tfrac{1}{2} a\left(\mho + \frac{\vartheta}{2s}\right) e^{k(v+\omega t)\sqrt{-1}} + \tfrac{1}{2} a\left(\mho - \frac{\vartheta}{2s}\right) e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}, \\ \eta_s + \eta_{-s} &= \tfrac{1}{2} b\left(\mho + \frac{\vartheta}{2s}\right) e^{k(v+\omega t)\sqrt{-1}} + \tfrac{1}{2} b\left(\mho - \frac{\vartheta}{2s}\right) e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}, \\ \zeta_s + \zeta_{-s} &= \tfrac{1}{2} c\left(\mho + \frac{\vartheta}{2s}\right) e^{k(v+\omega t)\sqrt{-1}} + \tfrac{1}{2} c\left(\mho - \frac{\vartheta}{2s}\right) e^{k(v-\omega t)\sqrt{-1}}. \end{aligned} \right.$$

Or, en vertu des formules (13), (14), (16) et (17), jointes aux formules (9) du § V, il est clair que, dans l'hypothèse admise, le mouvement imprimé au premier instant au système de molécules donné pourra être considéré comme résultant de la superposition de six mouvements simples, dont chacun, répondant à l'une des six valeurs de s ou de ω, se propagera dans l'espace avec une vitesse équivalente à la valeur numérique de ω, et se trouvera renfermé, au bout du temps t, dans l'épaisseur de la tranche mobile comprise entre les plans parallèles représentés par les équations (15), de manière à offrir un système d'ondes planes qui ne s'étendront point au-delà de la tranche dont il s'agit. Si au premier instant les molécules comprises entre les plans que représentent les équations (9) se trouvent simplement déplacées, en sorte que leurs vitesses initiales se réduisent à zéro, alors φ étant nul, ainsi que $\mathfrak{D}$, $\mathcal{E}$, $\mathfrak{F}$, les formules (14) coïncideront avec les formules (13), et par suite les déplacements des molécules relatifs à l'un des six mouvements simples, s'évanouiront, au bout d'un temps quelconque t, en-deçà comme au-delà de la tranche mobile correspondante. Si au contraire les vitesses initiales des molécules diffèrent de zéro, les valeurs de

$$\xi_{,}, \quad \eta_{,}, \quad \zeta_{,},$$

déterminées par les formules (14), cesseront généralement de s'évanouir: mais du moins elles resteront indépendantes du temps, et par suite, au bout d'un temps quelconque t, les mouvements vibratoires, qui, étant relatifs à l'un des mouvements simples, n'existeront point encore dans la portion du système située au-delà de la tranche mobile correspondante, n'existeront plus dans la portion située en-deçà de cette même tranche; de sorte que, dans cette dernière portion, le déplacement d'une molécule située à la distance v du plan invariable, ou plutôt la partie de ce déplacement qui se rapporte à l'un des mouvements simples, conservera constamment la valeur qu'elle acquiert à l'instant où l'on a $v = v_0 + \omega t$, et par conséquent

$$t = \frac{v - v_0}{\omega}. \tag{18}$$

» Concevons à présent que les valeurs initiales de

$$\xi, \quad \eta, \quad \zeta, \quad \frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{d\eta}{dt}, \quad \frac{d\zeta}{dt},$$

étant nulles hors des limites

$$v = v_0, \quad v = v_1,$$

diffèrent de zéro entre ces mêmes limites, et se trouvent représentées, pour une valeur quelconque de v, par les fonctions discontinues

$$\varphi(v),\quad \chi(v),\quad \psi(v),\quad \Phi(v),\quad X(v),\quad \Psi(v).$$

Chacune de ces fonctions, la première par exemple, pourra être considérée comme une somme de termes proportionnels à des exponentielles imaginaires de la forme

$$e^{kv\sqrt{-1}},$$

puisque l'intégrale définie

$$(19)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_1}^{v_0} e^{\upsilon(v-\rho)\sqrt{-1}}\varphi(\rho)d\rho d\upsilon,$$

qui en réalité représente une somme de termes proportionnels à des exponentielles de la forme

$$e^{\upsilon v\sqrt{-1}},$$

possèdera la double propriété de se réduire à $\varphi(v)$ entre les limites

$$v=v_0,\quad v=v_1,$$

et de s'évanouir pour des valeurs de v situées hors de ces limites. Cela posé, les raisonnements à l'aide desquels nous avons établi les formules (4) conduiront, dans le cas présent, aux équations

$$(20)\left\{\begin{aligned}
\xi_{\prime}=&\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}a[A\varphi(\rho)+B\chi(\rho)+C\psi(\rho)]e^{\upsilon(v-\omega-t\rho)\sqrt{-1}}d\rho d\upsilon\\
&+\frac{1}{2\pi}\int_0^t\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}a[A\Phi(\rho)+BX(\rho)+C\Psi(\rho)]e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}d\rho d\upsilon d\tau,\\
\eta_{\prime}=&\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}b[A\varphi(\rho)+B\chi(\rho)+C\psi(\rho)]e^{\upsilon(v-\omega t\ \rho)\sqrt{-1}}d\rho d\upsilon\\
&+\frac{1}{2\pi}\int_0^t\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}b[A\Phi(\rho)+BX(\rho)+C\Psi(\rho)]e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}d\rho d\upsilon d\tau,\\
\zeta_{\prime}=&\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}c[A\varphi(\rho)+B\chi(\rho)+C\psi(\rho)]e^{\upsilon(v-\omega t-\rho)\sqrt{-1}}d\rho d\upsilon\\
&+\frac{1}{2\pi}\int_0^t\int_{-\infty}^{\infty}\int_{v_0}^{v_1}\tfrac{1}{2}c[A\Phi(\rho)+BX(\rho)+C\Psi(\rho)]e^{\upsilon(v-\omega\tau-\rho)\sqrt{-1}}d\rho d\upsilon d\tau;
\end{aligned}\right.$$

les valeurs de k et de s que renfermeront les produits

aA, aB, aC, bA, bB, bC, cA, cB, cC;

étant déterminées par les formules (12). Si d'ailleurs, les équations des mouvements infiniment petits étant homogènes, les valeurs de ω fournies par l'équation (7) sont réelles, les formules (19) se réduiront aux équations (8), dans lesquelles les fonctions

$$\varphi(\iota-\omega t),\ \chi(\iota-\omega t),\ \psi(\iota-\omega t),\ \text{ou}\ \Phi(\iota-\omega\tau),\ \mathrm{X}(\iota-\omega\tau),\ \Psi(\iota-\omega\tau),$$

s'évanouiront pour des valeurs de la différence

$$\iota-\omega t \quad \text{ou} \quad \iota-\omega\tau,$$

situées hors des limites

$$\iota_0,\quad \iota_1.$$

Or les formules (20) donneront 1° pour $\iota>\iota_1+\omega t$, les équations (13), 2° pour $\iota<\iota_0+\omega t$,

$$(21)\quad \xi_{,}=\int_0^t \tfrac{1}{2}\mathrm{a}[\mathrm{A}\Phi(\iota-\omega\tau)+\mathrm{BX}(\iota-\omega\tau)+\mathrm{C}\Psi(\iota-\omega\tau)]d\tau,\quad \eta_{,}=\ldots,\quad \zeta_{,}=\ldots,$$

ou, ce qui revient au même, puisque les fonctions discontinues

$$\Phi(\iota-\omega\tau),\quad \mathrm{X}(\iota-\omega\tau),\quad \Psi(\iota-\omega\tau),$$

s'évanouissent dès que

$$\iota-\omega\tau$$

devient inférieur à ι_0,

$$(22)\quad \xi_{,}=\int_0^{\frac{\iota-\iota_0}{\omega}} \tfrac{1}{2}\mathrm{a}[\mathrm{A}\Phi(\iota-\omega\tau)+\mathrm{BX}(\iota-\omega\tau)+\mathrm{C}\Psi(\iota-\omega\tau)]d\tau,\quad \eta_{,}=\ldots,\quad \zeta_{,}=\ldots,$$

puis, en supposant que l'on écrive ρ au lieu de $\iota-\omega\tau$,

$$(23)\quad \left\{\begin{aligned} \xi_{,} &= \frac{1}{\omega}\int_{\iota_0}^{\iota} \tfrac{1}{2}\mathrm{a}[\mathrm{A}\Phi(\rho)+\mathrm{BX}(\rho)+\mathrm{C}\Psi(\rho)]d\rho,\\ \eta_{,} &= \frac{1}{\omega}\int_{\iota_0}^{\iota} \tfrac{1}{2}\mathrm{b}[\mathrm{A}\Phi(\rho)+\mathrm{BX}(\rho)+\mathrm{C}\Psi(\rho)]d\rho,\\ \zeta_{,} &= \frac{1}{\omega}\int_{\iota_0}^{\iota} \tfrac{1}{2}\mathrm{c}[\mathrm{A}\Phi(\rho)+\mathrm{BX}(\rho)+\mathrm{C}\Psi(\rho)]d\rho. \end{aligned}\right.$$

Les formules (20) et (23) comprennent, comme cas particuliers, les formules (11) et (14) desquelles on les déduit, en considérant un mouvement infiniment petit, dont les équations renferment les seules variables ι et t, comme résultant de la superposition d'une infinité de mouvements simples correspondants à des ondes planes, dont les plans sont parallèles à celui

que représente l'équation

$$(24) \qquad\qquad \imath = 0.$$

On conclut d'ailleurs des formules (8), (13) et (23) que, dans l'hypothèse admise, les seules portions du système moléculaire qui offriront, au bout du temps t, des molécules douées de mouvements vibratoires seront les six tranches comprises entre les systèmes de plans parallèles que peuvent représenter les formules (15) quand on attribue à ω l'une des six valeurs propres à vérifier l'équation (7). Les parties des déplacements moléculaires qui seront relatives à une seule valeur de ω, ou, ce qui revient au même, à un seul mouvement simple, et qui, en vertu des formules (13), seront nulles au-delà de la tranche correspondante, se réduiront en-deçà de la même tranche, soit à zéro, soit à des quantités constantes et indépendantes du temps, suivant que les vitesses initiales des molécules primitivement déplacées seront nulles ou différentes de zéro.

» Si les équations des mouvements infiniment petits ne sont pas homogènes, les valeurs de

$$\xi_{,}, \quad \eta_{,}, \quad \zeta_{,},$$

fournies par les équations (20), ne deviendront plus, en général, indépendantes du temps pour des valeurs de $\imath$ situées hors des limites

$$\imath_0 + \omega t, \qquad \imath_{,} + \omega t;$$

et par suite les mouvements vibratoires des molécules, ceux même qui correspondent à une valeur donnée de k, ne seront plus renfermés, au bout du temps t, dans les six tranches terminées par les systèmes de plans parallèles que peuvent représenter les formules (15). Toutefois, les mouvements vibratoires des molécules placées en dehors de ces tranches pourront être, dans une première approximation, négligés pour des ondes planes correspondantes à des valeurs données de k et de ω, si la valeur de ω est réelle, et si d'ailleurs les équations des mouvements infiniment petits se déduisent d'équations homogènes par l'addition de termes dont les coefficients soient très petits, comme il arrive quand la lumière se propage à travers un corps diaphane. Mais alors même l'épaisseur de la tranche, hors de laquelle les vibrations seront peu sensibles, ne pourra être censée constante et indépendante du temps que pour une seule espèce d'ondes planes correspondantes à une valeur déterminée de ω, par exemple, dans la théorie de la lumière, pour un rayon de couleur donnée; et lorsque des ondes planes correspondantes à une infinité de valeurs diverses de ω se

propageront simultanément, l'épaisseur de la tranche hors de laquelle les vibrations seront peu sensibles, loin d'être constante, croîtra sans cesse avec le temps. Ajoutons que, dans le cas où les équations des mouvements infiniment petits cessent d'être homogènes, les mouvements vibratoires se propagent, en général, instantanément jusqu'à une distance infinie, ou plutôt jusqu'aux extrémités du système de molécules donné; de sorte que, le temps venant à croître à partir de $t = 0$, les molécules placées à de grandes distances de la tranche primitivement ébranlée se déplacent immédiatement, et acquièrent des vitesses qui, quoique fort petites, ne sont pourtant pas rigoureusement nulles. »

PHILOSOPHIE DE LA NATURE. — *D'une profonde Modification dans la pensée publique, qu'introduit le sentiment de vues unitaires, celui-ci préparé par la découverte faite antérieurement, de* l'Unité de composition organique; *par* M. GEOFFROY SAINT-HILAIRE.

« Ce principe d'unité primordiale n'avait encore solennellement été examiné, discuté et généralement admis que dans les jours de la lutte de 1830, et, cette fois, que pour les faits incompris dans leur essence de l'animalité; mais, à ma voix, des écrivains synthétiques, travaillés et préparés par de studieuses méditations, lesquels n'attendaient qu'une telle occasion pour y conformer leurs sentiments et pour ne voir qu'un ressort universel dans la nature, eurent bientôt étendu les conséquences de ce premier principe unitaire.

» Ainsi, il y eut promptement en dehors des naturalistes *ex professo*, une autre classe de philosophes (*les moralistes et publicistes*) aux inspirations plus ardentes, qui entendait différemment le mouvement progressif des sciences, et que des convictions profondes portèrent à éclater de la sorte : *la science est une, et vous l'avez partagée.*

» Ce qu'il y avait de naturalistes et de physiciens indifférents devant ce nouvel instinct philosophique, et qui ne se laissaient préoccuper que par la méthode analytique, que par la puissance des faits spéciaux, avait toutefois insensiblement accordé assez de créance à l'école philosophique unitaire, pour qu'une des vieilles doctrines des Grecs s'écroulât. Telle fut la théorie du vitalisme, toutes vues de l'esprit *à priori* et erronées au fond. Qui ose se dire présentement vitaliste, comme l'était un ancien physiologiste chez les Grecs? Nul homme instruit et sensé.

» C'est de philosophie naturelle qu'il s'agit dans ces temps meilleurs :

mais les plus avancés ne se sont pas entièrement dépouillés de l'ivraie qui s'était mélangé au bon grain : de là des mécomptes et une appréciation différente des faits spéciaux. Mais certes on arrive à s'entendre sous le drapeau d'une physique unitaire, qui traite identiquement de la nature des choses et qui n'admet ni pour les corps inertes, ni pour les êtres organisés un ordre différent d'arrangement moléculaire, un ressort mystique de forces vitales.

» Je sais expérimentalement ce qu'il en coûte pour se placer dans une chaire synthétique, et qu'on se trouve écouté, puis condamné par des juges qui n'ont que l'instinct analytique des faits spéciaux. Mais rencontrer ce sentiment irréfléchi parmi les hautes têtes pensantes de l'Académie, j'étais exposé et je fus enclin à répondre avec *aigreur*. Mais quand cette cause d'irritation cesse par une tendance générale (amicale pour moi), par une tendance à l'esprit philosophique, j'oublie les torts passés pour me livrer avec délices à mansuétude et à cordialité pour mes adversaires. Comment cette paix de l'ame m'advient-elle en ce moment? le voici :

» Un journal quotidien, à la date du 16 avril dernier (le *Journal général*), dit ceci : « Les doctrines scientifiques de.... Geoffroy Saint-Hilaire » portent leurs fruits : un fragment d'un poëme en trois chants de la plus » grande hardiesse, vient de paraître (14 avril) dans le *Mercure universel.* » Nous signalons cette nouveauté aux savants et aux naturalistes. » Et, le 28 suivant, un autre fragment du chant second était aussi imprimé, même *Mercure universel.*

» Ces articles ont pour titre : *Système du monde, ou Loi universelle; découverte de l'attraction de soi pour soi*, et sont signés *par un naturaliste de la Martinique*. Cette épigraphe, *Rerum cognoscere causas*, est en tête.

» Viendrai-je à la suite de cette citation à rapporter combien d'autres publications, en récits, en vers et en prose, viennent s'évertuer sur ma découverte et à ajouter qu'une médaille à mon effigie est nouvellement frappée : ce sont bien là des motifs pour expliquer ma satisfaction. Mais il faut s'expliquer plutôt sur le fond des choses.

» Quand j'ai le premier introduit dans les faits de la monstruosité, le coup d'œil scientifique, on a applaudi à ces premiers efforts; mais quand on s'aperçut que le progrès de mes méditations devenait une grande affaire dans les sciences, y installant une généralisation et une théorie à prendre le sommet des questions de physique, le dépit vint à des grandeurs scientifiques, qui accueillirent plus que froidement ces allures de mon esprit.

» Au commencement de ma carrière l'on trouvait à propos que je montrasse erronées les idées d'Aristote, disant que la monstruosité était un manquement à la loi générale, et ce papillotage de Pline, qui en traitait comme d'une facétie de la nature personnifiée, *ludibria sibi, seu ludi naturæ :* l'on trouvait bien que si je faisais des historiettes de ces jeux de la nature, j'arrivasse par là à agrandir le cercle des travaux descriptifs. J'eus raison jusque alors.

» Mais la désaffection commença pour moi du moment où l'on s'aperçut que le progrès des *faits tératologiques* allait plus haut qu'à physiologie, comme elle était comprise alors.

» Je vais citer en preuve les trois décisions ci-après :

» 1°. La fille bi-corps de Prunay-sous-Ablis. La nouvelle de cette naissance insolite parvient à l'Académie par les soins d'un ministre ; or je guettais la venue de ce nouveau miracle d'organisation. J'offris, avec réserve, mes soins pour cela, et l'Académie me chargea, afin d'un rapport à lui faire, d'aller sur les lieux connaître de cette naissance phénoménale.

» Aller en poste, étudier vite et employer prestement le talent d'un grand dessinateur dont je me fis accompagner, ce fut fait dans une semaine; envoyé le 15 octobre 1838, le 22 suivant je lisais mon rapport; mais on argua de sa trop grande longueur : le *Compte rendu* ne l'admit pas, mais la *Gazette médicale* l'inséra le samedi suivant.

» 2°. Une autre fille bi-corps naquit à Alger dans le même temps. Notre chirurgien en chef, M. Guyon, donna cette communication en produisant texte et figures. J'offris à l'Académie de répandre les lumières de la science sur ce sujet; ma proposition ne fut pas acceptée, et ceci se passait en séance, le 24 décembre 1838.

» 3°. Une brochure contenant un eanalyse admirablement raisonnée de mon Mémoire inaperçu, il y a quatre ans, et qui terminait en 1835 mes *Études progressives d'un naturaliste,* est déposée : c'est Maxime Vernois, médecin physiologiste qui est l'auteur et le donateur de cette brochure éclatante, ayant pour titre : *Loi universelle, attraction de soi pour soi.* Cette brochure n'est point annoncée en séance publique.

» J'avais trop explicitement conclu à une physique unitaire et intrastellaire : cela résultait de la logique de Maxime Vernois. Cette théorie d'attraction de soi pour soi comporte une position plus grande que les théories qui sortent de l'idée *attraction.* La théorie de Newton y entre comme cas particulier d'astronomie : et de même l'attraction moléculaire des chimistes qui n'embrasse qu'un jeu phénoménal à la surface de la

terre. Mais ne serait-ce point à faire présumer exhorbitante l'extension de cette pensée? On pourrait, on devrait le croire, quand on manquait sur cela d'une conviction profonde.

» Cependant je ne croyais pas devoir réduire à *rien* le jet d'une aussi magnifique manifestation de l'univers. N'était-ce point un vrai miracle d'organisation que cette fille bi-corps? un plus grand miracle qu'elle ait vécu 31 jours? Avec mes deniers personnels, j'ai donné une lithographie des formes de la double fille, et j'ai fait don de cette lithographie miraculeuse à M. Vernois. Delaunay, au Palais-Royal, donne son excellent morceau et cette lithographie pour un franc cinquante centimes.

» Je n'ai pris pour moi que ce bien bon résultat pour la science : j'ai désiré que ce dessin devînt un *fiat lux*, fût une scintillation d'une admirable intelligence pour les yeux du corps et de l'esprit. »

RAPPORTS.

Rapport sur un procédé de M. Besseyre *pour l'extraction des matières colorantes des bois de teinture.*

(Commissaires, MM. Pelouze, Robiquet rapporteur.)

« Les inconvénients qui résultent dans la pratique de la teinture, de l'emploi direct des produits tinctoriaux, tels que la nature nous les fournit, a souvent suggéré l'idée d'en extraire préalablement les matières colorantes sinon dans leur état de pureté, du moins de manière à en éliminer la majeure partie des substances étrangères qui les accompagnent. Réduites ainsi à un très petit volume, il devenait possible de les mieux doser et d'en diriger plus sûrement la combinaison sur les tissus. Mais il est presque toujours arrivé que ces matières colorantes, plus ou moins altérées par les traitements qu'on leur faisait subir, ne fournissaient plus alors d'aussi beaux résultats, et de là venait qu'on se refusait à l'emploi de pareils produits. Depuis que tous les procédés de fabrication se sont améliorés, plusieurs personnes se sont livrées avec plus ou moins de succès à l'extraction des matières colorantes. L'une d'elles, M. Besseyre, a adressé à l'Académie des échantillons de ses produits et y a joint la description de son procédé. J'ai été chargé conjointement avec M. Pelouze de faire un rapport sur cet objet. M. Besseyre, pour nous rendre notre tâche plus facile, nous a permis l'entrée de son atelier, afin que nous puissions suivre nous-mêmes toute l'opération. Elle est simple et de très facile exécution, les matières premières y sont employées dans un grand état de division, ainsi

les bois de teinture réduits en copeaux très minces à l'aide de la varloppe sont immédiatement soumis dans un cuvier fermé à un courant de vapeur, et quand la température de la masse totale a atteint près de 80°, on découvre et l'on arrose avec quelques litres d'eau froide, puis on soutire à l'aide d'une cannelle inférieure la portion du liquide qui s'est condensée, et on la rejette à l'aide d'un arrosoir sur la surface des copeaux. Cette manœuvre est réitérée jusqu'à ce que cette lessive ait atteint un assez grand degré de concentration, et alors on l'évapore d'abord à feu nu, puis au bain-marie. L'action de la chaleur ainsi ménagée permet d'obtenir des extraits bien homogènes, à cassure vitreuse, entièrement solubles dans l'eau chaude. En évitant ces longues ébullitions au contact de l'air auxquelles on avait recours autrefois, les matières colorantes éprouvent beaucoup moins d'altération. C'est ce qui se trouve pleinement confirmé par les renseignements que nous avons pris sur l'emploi de ces extraits. Les teinturiers en sont satisfaits, surtout pour les couleurs d'application. Resterait à savoir maintenant si l'emploi comparatif, en teinture, de la matière première avec le produit fabriqué, permettra à M. Besseyre de continuer avec avantage cette exploitation. C'est une question dans laquelle nous n'avons pas cru devoir nous immiscer, et nous nous bornerons à dire que son procédé nous a paru bien entendu, ses produits de bonne qualité et remplissant les conditions qu'on y doit rechercher. En conséquence, nous avons l'honneur de proposer à l'Académie d'accueillir favorablement la communication de M. Besseyre. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

STATISTIQUE. — M. **Dausse** adresse, pour le concours Montyon, un nouvel Essai sur la *Statistique des principales rivières de France.*

PHYSIQUE. — *Mémoire sur la caléfaction; par* M. **Boutigny.**

(Commissaires, MM. Robiquet, Pelouze.)

MÉCANIQUE. — *Encliquetages à effet instantané, sans denture, qui permettent de diviser en un nombre quelconque de parties, soit une circonférence de cercle, soit une ligne droite;* par M. **Saladin.**

L'auteur de cette Note a mis sous les yeux de l'Académie deux modèles des appareils qui y sont décrits.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Séguier.)

ORTHOPÉDIE. — M. **Valérius** adresse un Mémoire sur un *corset-lit*, faisant suite à un Mémoire qu'il a présenté précédemment à l'Académie sur un *corset brisé*.

(Renvoyé aux Commissaires nommés pour le premier Mémoire.)

GÉOLOGIE. — *Note sur une caverne à ossements du département de Saône-et-Loire; par* M. **Rozet**, capitaine d'état-major.

Les géologues sont divisés sur la manière dont s'est opérée l'accumulation des ossements fossiles dans les cavernes. Les uns pensent que ce phénomène est dû à des courants d'eau qui, traversant ces cavernes, y ont entraîné des débris d'animaux pendant une longue suite d'années; les autres soutiennent, avec M. Buckland, que, dans un grand nombre de cas, ils y ont été apportés par les carnassiers qui les habitaient.

M. Rozet a eu occasion d'observer cette année un fait qui lui paraît démontrer que l'accumulation a pu être le résultat des deux causes agissant successivement. La caverne de Vergisson lui semble présenter des ossements de deux époques bien distinctes : « Les uns, engagés dans un travertin rougeâtre, sont distribués à l'entrée et sur les parois de la caverne, comme s'ils y avaient été apportés par une onde qui, venant battre dedans, ne dépassait pas la moitié de la hauteur; les autres, beaucoup plus modernes, ont évidemment été apportés par des carnassiers, depuis la retraite des eaux.

» On pourrait également concevoir, ajoute M. Rozet, l'ordre inverse de succession et expliquer, par l'irruption d'un courant moderne dans une grotte antérieurement habitée par des animaux féroces, la présence d'ossements humains qui se trouvent quelquefois avec ceux des animaux antédiluviens. »

(Commissaires, MM. Brongniart, Élie de Beaumont.)

PHYSIQUE. — M. **Gaudin** annonce qu'il est parvenu à filer avec une extrême facilité le cristal de roche fondu. Parmi les échantillons qu'il a fait remettre à l'Académie, il y en a un de trois ou quatre pieds de longueur, qu'il a pu plier en écheveau, et un autre qu'il a pu enrouler sur un de ses doigts.

M. Gaudin a encore reconnu que le cristal de roche fondu se moule assez facilement par pression; et qu'il est très volatil à une température peu supérieure à son point de fusion.

« L'alumine se conduit tout autrement que la silice, ajoute M. Gaudin ;
» elle est toujours parfaitement fluide ou cristallisée : on ne peut l'amener
» à l'état de viscosité; tandis que la viscosité, dégagée de toute ten-
» dance à la cristallisation, est l'état permanent de la silice, sous l'im-
» pression du chalumeau à gaz oxigène. L'alumine est beaucoup moins
» volatile que la silice; elle entre cependant assez souvent en ébullition.»

« A propos de la lettre précédente, M. *Biot* communique verbalement plusieurs observations qu'il a faites, tant sur le cristal de roche fondu par M. Gaudin, que sur divers autres échantillons naturels, et desquelles il lui paraît résulter avec une très grande probabilité que le pouvoir rotatoire de ce minéral, à l'état de cristal, n'est pas dû à une propriété moléculaire, mais à un système de structure interne dont les effets seraient analogues à ceux que Fresnel avait obtenus avec des rhomboïdes de verre convenablement disposés. M. Biot présentera ces observations par écrit dans la séance prochaine. »

ZOOLOGIE.— M. **Pouchet**, après avoir rappelé ses travaux sur la structure du vitellus de l'œuf des oiseaux, vitellus qui, selon lui, n'est point un fluide, mais un composé de vésicules pressées les unes contre les autres, et déformées par leur contact, annonce qu'il vient de reconnaître que la même structure existait dans les œufs d'une chatte, pris à l'ovaire; seulement les vésicules y étaient beaucoup plus petites que dans les oiseaux.

(Commissaires, MM. de Blainville, Flourens, Dutrochet.)

M. **Cabillet** envoie plusieurs applications d'un système sur la musique, qu'il a présenté en 1830. On attendra, pour nommer des Commissaires, la détermination de l'Académie des Beaux-Arts, à laquelle le même travail a été adressé.

CORRESPONDANCE.

M. **le Ministre du Commerce** annonce qu'il a donné des ordres pour que MM. les Membres de l'Académie soient admis, sur la présentation de leur médaille, à visiter les salles de l'exposition de l'industrie française.

M. **Séguier** écrit que c'est par erreur qu'il a été dit, dans la séance précédente, que M. de *Jouffroy* s'était occupé du parti qu'on pourrait tirer de l'air comprimé comme moteur. C'est M. *de La Feuillade* qui a publié, il

y a plus de dix ans, une brochure sur ce sujet. M. *Séguier* joint à sa lettre un numéro du journal *le Gratis*, en date du 23 mai 1838, contenant la description de la voiture à air comprimé de M. *Boussel*, horloger à Versailles.

M. **Arosa** soumet à l'examen de l'Académie, un préservatif pour garantir le bois des ravages de la carie sèche, et de l'action des vers.

On attendra pour nommer des Commissaires que l'auteur ait fait connaître son procédé.

M. **Tétard** adresse le plan et l'orientation de l'arc de triomphe de l'Étoile.

(Commissaires, MM. Mathieu, Savary.)

M. **Demonville** demande à être porté sur la liste des candidats, pour la place vacante dans la section d'Astronomie par la mort de M. *Lefrançais-Delalande*.

L'Académie se forme en comité secret à quatre heures et demie.

La section de Géométrie présente, dans l'ordre suivant, les candidats pour la place de membre correspondant, vacante par le décès de M. *Paoli*.

MM. *Chasles*......... à Chartres,
Hamilton........ à Dublin,
Lebesgue........ à Bordeaux,
Ostrogradsky.... à Pétersbourg,
Richelot........ en Prusse.

Les titres de ces divers candidats sont discutés; l'élection aura lieu dans la séance prochaine.

La séance est levée à cinq heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 16, in-4°.

Annales des Mines; 3e série, tome 14, 5e liv. de 1838, in-8°.

Voyage dans l'Amérique méridionale ; par M. ALCIDE D'ORBIGNY ; 38e liv., in-4°.

Galerie ornithologique d'Oiseaux d'Europe; par le même; 43e livraison, in-4°.

Annales de la Société d'Agriculture, Arts et Commerce du département de la Charente; tome 20, nov. et déc. 1838, in-8°.

Recueil de la Société Polytechnique; n° 15, mars 1839, in-8°.

Considérations générales sur l'état de la Médecine; par M. A. SIGNORET, 2 parties, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; tome 24, 137e liv., février et mars 1839, in-8°.

Statistique des variations du niveau de la Seine à Paris dans le cours de 49 ans, de 1777 à 1825; par M. DAUSSE ; in-4°. (Adressé pour le concours de Statistique.)

Recherches statistiques sur les Substances calcaires à chaux hydraulique et à ciments; par M. VICAT ; Paris, 1837, in-8°. (Adressé pour le concours de Statistique.)

Recherches statistiques sur les Substances calcaires à chaux hydraulique et à ciment naturel; par le même; 1839, in-8°. (Adressé pour le concours de Statistique.)

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée, sous la direction de M. ANATOLE DEMIDOFF ; 4e liv. in-8°.

Lettre de M. DEMONVILLE *à l'Académie des Sciences;* in-8°.

Observations sur un Mémoire de M. Ivory ; par M. LIOUVILLE; in-8°.

Deuxième pétition adressée aux Chambres pour solliciter l'établissement d'un système général d'échange de doubles de livres et d'objets d'arts ; par M. VATEMARE; in-4°.

Report on the... *Rapport sur la géologie de Cornouailles, Bevon, etc.; par* M. Henry de la Bêche; Londres, 1839, in-8°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; n° 375, in-4°.

Repertorium fur.... *Répertoire d'Anatomie et de Physiologie; par* M. Valentin; tome 3, cahier 1 et 2; Berne, 1838, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 17.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 49—51, in-fol.

La France industrielle, journal; 6e année, n° 4.

L'Expérience, journal; n° 49—51.

COMPTE RENDU
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MAI 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE. — *Sur la cause physique qui produit le pouvoir rotatoire dans le quartz cristallisé; par* M. Biot.

« L'indication donnée dernièrement par M. Arago, de diverses épreuves physiques auxquelles il serait utile de soumettre le quartz si complétement fondu par M. Gaudin, a rappelé à ma mémoire une série d'expériences que j'avais faites il y a quelques années, tant sur des produits de cette fusion, que sur plusieurs échantillons naturels de silice non cristallisée, pour savoir si le pouvoir rotatoire du quartz que M. Arago a le premier découvert, est une propriété inhérente à ses particules chimiques; ou si elle résulte de leur aggrégation à l'état de cristal sans qu'elles en soient douées isolément. Et comme j'ai peu d'espérance de pouvoir reprendre ces expériences ou y ajouter, je saisis cette occasion de les communiquer aux physiciens.

» La question n'est pas sans intérêt pour la Chimie. Car, jusqu'à présent, tous les corps où l'on a découvert le pouvoir rotatoire, et où l'on a pu s'assurer qu'il est moléculaire, renferment au moins un élément organique; de sorte que le quartz pur, c'est-à-dire l'acide silicique, serait le seul

composé inorganique connu qui partagerait cette propriété. Mais, de ce qu'il l'exerce à l'état de cristal, on n'en peut pas conclure qu'elle y est moléculaire. Car Fresnel est parvenu à imprimer aux plans de polarisation des rayons lumineux des déviations tout-à-fait analogues pour l'œil, sinon identiques, à celles du quartz, avec des rhomboïdes de verre convenablement disposés; de sorte que le quartz pourrait produire les mêmes effets par un mode spécial d'apposition de ses lames cristallines, sans que ses molécules isolées eussent ce pouvoir. Le seul moyen de décider l'alternative, pour lui, comme pour tous les autres corps, c'est de les désagréger, et d'étudier le pouvoir rotatoire de leurs particules après qu'elles sont désunies. Car s'il continue alors de se manifester, en toute direction, avec une intensité proportionnelle à leur poids total, conséquemment à leur nombre, indépendamment des distances et des positions relatives qu'on établit entre elles, on sera certain que ce pouvoir leur appartient individuellement; et c'est là l'unique moyen d'en être assuré.

» Le premier procédé qui se présente pour soumettre le quartz à cette épreuve, c'est de l'observer après qu'il a été fondu, et réduit ainsi en plaques décristallisées. J'ai étudié plusieurs échantillons de ce genre qui m'avaient été remis par M. Gaudin. Tous ceux qui étaient assez petits pour que leur fusion eût été complète, ne m'ont plus présenté aucune trace d'action rotatoire. Le docteur Brewster a fait la même observation, il y a long-temps (1).

---

(1) Je viens de répéter ces observations sur un nouvel échantillon de cristal de roche fondu que M. Gaudin a présenté à l'Académie dans cette séance même, et que M. Arago a bien voulu me faire remettre. Il était retiré d'une plaque de cristal de roche perpendiculaire à l'axe, et je le trouvais enchâssé près d'elle, dans un lut dur, où on l'avait fixé après la fusion; et on l'y avait travaillé et poli de manière que ses deux faces fussent dans le prolongement des faces de la plaque cristallisée. Celle-ci faisait tourner le plan de polarisation du rayon jaune de 56° ou 57° vers la droite, ce qui donne 43° ou 44° dans le même sens pour le rayon rouge. Et en effet ces résultats convenaient à son épaisseur, que je trouvai fort approximativement être de $2^{mm},4$. Avec une dispersion de plans aussi considérable, il se produisait les plus vives couleurs, et les plus belles séries de teintes, quand la portion ainsi cristallisée était appliquée à l'appareil de polarisation sous l'incidence normale. Mais aucune trace de pouvoir rotatoire ne se montrait dans la partie fondue. J'y remarquai seulement quelques faibles indices d'hétérogénéité de structure, ou de compression locale, qui avaient un tout autre caractère; et je supposai devoir les attribuer à de petites bulles vides, ou contenant quelques gaz expansifs, qui s'étaient développées pendant la fusion, et qui avaient persisté après le refroidissement, car elles étaient très distinctes.

» On peut encore désagréger le quartz en le combinant avec la potasse, ce qui donne un système observable à l'état liquide. C'est ce qu'a fait sir John Herschell, en prenant soin de n'employer pour la combinaison que des morceaux de quartz tirés d'une même aiguille dont le sens de rotation était constant et antérieurement déterminé. Il n'y a pas non plus retrouvé de pouvoir rotatoire. L'épreuve serait moins sûre si l'on combinait ce minéral avec l'alcali pour composer un verre, comme je l'ai essayé; parce que le solide formé peut être diaphane, sans que le quartz ait été complétement décristallisé, et divisé en ses groupes chimiques, comme le prouvent les phénomènes de dépolarisation complète qu'on obtient alors, par le croisement dans tous les sens des petits cristaux invisibles, restés intacts dans la pâte formée.

» Sans recourir à l'art, la nature nous offre plusieurs minéraux où la silice se trouve non cristallisée, et seulement hydratée. Tels sont le quartz appelé résinite, à cause de sa couleur jaunâtre, et l'opale, ainsi nommée à cause de ses reflets. J'ai étudié un grand nombre d'échantillons de ces deux variétés, sans y trouver ni double réfraction, ni pouvoir rotatoire propre aux particules, ou même à leur ensemble. Il s'y produit parfois des indices de polarisation, dépendants de l'hétérogénéité d'agrégation, ou de l'inégale compression du système, comme dans le verre trempé. Mais il est aisé de les reconnaître à leurs caractères, et de les distinguer de ceux que nous cherchons. J'ai eu particulièrement l'occasion d'étudier ainsi une magnifique opale de feu, parfaitement limpide, appartenant à M. de Dree, et ayant jusqu'à 17 millimètres d'épaisseur; une plaque de quartz résinite épaisse de 15 millimètres, et pourtant transparente; enfin, un échantillon de quartz opalin du Mexique, aussi diaphane que le plus pur cristal; je n'y ai pas trouvé le moindre indice de pouvoir polarisant propre aux molécules. La plaque de quartz opalin produit, sous les incidences obliques, certains phénomènes particuliers très curieux, que je décrirai ailleurs. Mais ils paraissent opérés, par l'existence d'un système lamellaire, invisible et non cristallisé. Enfin, le tabasheer qui paraît presque uniquement composé de silice non cristallisée, mais je crois hydratée, n'a pas présenté non plus à M. Brewster de propriété rotatoire.

» Ceci, toutefois, pourrait encore ne pas paraître complétement décisif. D'abord, on n'est pas rigoureusement certain que le quartz ne perde absolument rien d'essentiel pendant la fusion. Puis, la silice, en se combinant avec l'eau, ou les alcalis, pourrait, à la rigueur, perdre un pouvoir qui lui serait propre à l'état d'isolement. Car, d'après mes expériences, lors-

que l'acide tartrique entre en combinaison, à froid, avec la potasse, la soude, l'ammoniaque, l'acide borique, ou même avec l'eau, son pouvoir rotatoire individuel se modifie, à la vérité sans jamais s'éteindre, et presque toujours pour s'accroître. Or, la silice, en s'hydratant, est certainement modifiée d'une manière profonde dans ses attractions. Car, pour huit ou neuf centièmes d'eau qui s'y combinent, peut-être, dans le quartz résinite, son pouvoir de réfracter la lumière est considérablement affaibli, puisqu'il devient moindre qu'il ne l'est pour la plus faible réfraction du quartz cristallisé, et même pour celle du verre ordinaire, comme je l'ai constaté sur des prismes rectangles dont j'opposais les réfractions. Il serait, sans doute, bien exceptionnel que la modification ainsi opérée, allât jusqu'à faire complétement disparaître le pouvoir rotatoire qui serait propre aux molécules de la silice. Car, lorsque l'amidon, qui est une substance bien plus attaquable, se combine à froid avec les acides les plus puissants sans en être chimiquement décomposé, ses groupes chimiques portent leur pouvoir, non-seulement dans leur combinaison avec l'acide, mais jusque dans les sels mixtes qu'on peut former en unissant cette combinaison à des bases alcalines, du moins dans l'état de liquidité. Néanmoins, le soupçon seul de cette exception possible nous oblige à chercher encore s'il n'y aurait pas d'autres motifs pour penser que la propriété rotatoire du quartz cristallisé, est étrangère à ses particules et dépend de la cristallisation.

» Or, un tel motif, et à mon avis presque décisif, se trouve dans le sens opposé de rotation que les divers cristaux de quartz, les plus réguliers, présentent indifféremment, et avec une égale intensité, vers la droite, ou vers la gauche de l'observateur. Car, si l'on suppose idéalement ces cristaux à pouvoirs contraires, désaggrégés, et leurs particules disséminées à l'état liquide dans un milieu qui ne les modifierait pas essentiellement, il faudrait, si le pouvoir rotatoire leur appartient en propre, que les deux systèmes contraires, conservassent leur opposition de sens dans cet état de désunion, ce qui exigerait qu'il y eût deux espèces d'acides siliciques chimiquement différentes, supposition que jusqu'ici rien n'autorise; quoique, à la vérité, on ne puisse pas non plus la dire impossible, parce que les chimistes n'ont probablement pas songé à extraire séparément le silicium, d'aiguilles cristallisées à rotations contraires, comme la rigueur de la comparaison l'exigerait. Toutefois, l'improbabilité d'une dissemblance chimique, dans ces deux variétés de quartz, se fortifie encore singulièrement par la rigoureuse égalité que l'on observe entre les pouvoirs rotatoires contraires, non-seulement d'aiguilles extraites d'un même groupe

de cristaux, mais dans les différentes plages d'une même plaque formées de pareilles aiguilles qui se pénètrent, comme est celle que je présente ici à l'Académie. Quoique j'eusse depuis long-temps établi cette parfaite égalité, sur des expériences nombreuses, j'ai voulu la vérifier encore spécialement sur la plaque mixte dont je viens de parler, et dont les diverses parties, nécessairement congénères, sont remarquables par leur grandeur, comme par leur régularité. Pour cela, j'y ai tracé d'abord par la lumière polarisée, les limites invisibles des deux cristaux qui se pénétraient; et, ayant trouvé que l'épaisseur de la plaque était à peu près de 7 millimètres, j'ai successivement compensé les rotations contraires de ses deux plages, par des plaques d'épaisseur à peu près pareilles, qui m'ont servi dans mes anciennes recherches pour obtenir les mesures absolues des déviations. En calculant alors les différences d'épaisseur, d'après les arcs de compensation du rayon rouge, j'ai trouvé que la plaque mixte était tant soit peu prismatique, et que son épaisseur moyenne était de $6^{mm},993$. Or, en la mesurant ensuite avec un sphéromètre de M. Gambey, j'ai non-seulement vérifié sa petite inégalité d'épaisseur, dans le sens indiqué par les rotations, mais encore j'ai obtenu la même valeur de l'épaisseur moyenne à $\frac{2}{100}$ de millimètres près; de sorte que l'égalité absolue d'intensité des deux rotations coexistantes s'est trouvée, par là, confirmée aussi exactement que possible. Leur mélange se trouve encore plus multiplié dans l'améthyste qui, d'après les observations du docteur Brewster et de sir John Herschell, est formée par l'aggrégation d'une multiplicité, et quelquefois d'une infinité, d'aiguilles à rotations contraires; ce qui rend plus difficile encore d'y concevoir une diversité correspondante de composition. Enfin, on trouve des plaques, d'ailleurs parfaitement limpides, dont certains endroits n'exercent aucun pouvoir rotatoire sensible; de sorte que les anneaux formés par la polarisation se voient en ces endroits traversés par une croix noire, à branches rectangulaires, comme dans les autres cristaux à un axe dépourvus de pouvoir rotatoire. Toutes choses qui concourent et s'accordent pour indiquer que ce pouvoir, dans les cristaux de quartz, résulte du mode habituel de superposition de leurs lames cristallines, et non pas de la configuration ou de la nature des groupes chimiques qui les constituent.

» J'omettrais un des éléments les plus essentiels de cette discussion, si je ne rappelais un travail très remarquable de sir John Herschell, qui semble lier physiquement le sens du pouvoir rotatoire du quartz aux circonstances extérieures qui accompagnent sa cristallisation. Les aiguilles

de ce minéral présentent assez souvent une ou plusieurs facettes, inclinées sur les pans du prisme, lesquelles obliquent de droite à gauche sur la direction de l'axe dans certains cristaux, et de gauche à droite dans d'autres. Cela constitue la variété que Haüy a nommée *plagièdre*. Or, en étudiant le sens de la rotation dans des aiguilles pareilles, au nombre de vingt-trois, M. Herschell trouva qu'il existait une relation constante entre ce sens et celui dans lequel les facettes étaient tournées. Je croirais même que le désir fort naturel d'identifier ces deux éléments, fut la véritable cause de l'inversion que M. Herschell crut devoir donner aux termes dont je m'étais servi pour définir le sens des deux rotations; ce que j'avais pu faire d'autant plus légitimement que ces définitions s'appliquaient à des expériences qui m'étaient propres. Si j'ai persisté depuis dans ce mode d'énoncé, c'est qu'il indique précisément le sens du mouvement que l'observateur est obligé d'imprimer à son prisme, vers sa droite, ou vers sa gauche, pour retrouver le nouveau sens de polarisation du rayon dévié. Au lieu que l'énoncé introduit par M. Herschell, et suivi par plusieurs physiciens anglais, a l'inconvénient très grave de faire écrire à l'observateur précisément le contraire de ce qu'il voit et de ce qu'il pratique, ce qui donnerait de perpétuelles occasions d'erreurs, dans les nombreuses mesures que l'on est obligé de faire, quand on applique ces phénomènes à la chimie. Quoi qu'il en soit, la relation observée par M. Herschell se trouva constante dans toutes les aiguilles plagièdres qu'il put se procurer; et j'eus l'occasion de la vérifier encore, d'après lui, sur plusieurs aiguilles pareilles qu'il voulut bien m'envoyer, sans les avoir taillées. Mais je me suis procuré depuis, et j'ai encore en ma possession deux aiguilles, qui présentent la particularité très rare de porter chacune des faces plagièdres de sens opposé; en sorte qu'il devenait très curieux de voir dans quel sens s'y opéreraient les rotations, et si leur intensité y serait nulle ou modifiée. J'ai donc fait scier chacune de ces aiguilles en trois plaques perpendiculaires à l'axe, et j'y ai déterminé avec le plus grand soin le sens ainsi que l'intensité des rotations. Or, cette intensité s'est trouvée, dans toutes, exactement égale à celle des aiguilles ordinaires; et la configuration des anneaux formés avec la lumière polarisée, s'y est montrée aussi parfaitement continue. Mais cela ne me paraît infirmer nullement la relation générale découverte par M. Herschell, entre le sens des facettes plagièdres uniques et le sens de la rotation; du moins, en limitant cette relation, comme il l'a fait lui-même, par une observation annexée à son Mémoire. Car en examinant plusieurs milliers d'améthystes, qui sont,

comme il l'avait constaté, des assemblages multiples d'aiguilles à rotations contraires, il découvrit dans deux d'entre elles des faces plagièdres uniques et parfaitement distinctes, qui, par conséquent, coexistaient avec l'agglomération des aiguilles élémentaires à rotation dissemblables. Mais, par un examen presque microscopique, il s'assura que chacune de ces facettes était en relation avec le sens de rotation exercé par la petite plage de la plaque qui lui était contiguë. Ainsi, de cette observation délicate, comme de celles que j'ai rapportées sur les aiguilles à facettes doubles et inverses, il faut seulement conclure que la cause inconnue qui lie le sens de la rotation à celui des facettes lorsqu'elles existent, peut, dans certains cas, ne propager son influence que jusqu'à une profondeur limitée, et quelquefois locale ou infiniment petite; de sorte que dans les aiguilles à facettes inverses, l'un ou l'autre sens a pu s'étendre à toute la formation, comme dans l'améthyste il peut être interrompu. Mais la seule existence de cette influence, si limitée qu'elle soit, semble toujours faire dépendre le pouvoir rotatoire du quartz de la cristallisation, et non de la nature des groupes chimiques : résultat conforme aux indications qui nous avaient été fournies par toutes les autres épreuves que j'ai rapportées plus haut.

» Ceci me conduit, en terminant, à spécifier les conditions nécessaires pour qu'un corps dont les molécules possèdent individuellement le pouvoir rotatoire, puisse, je ne dis pas le conserver, mais en continuer la manifestation dans l'état solide. Parmi les produits aujourd'hui très nombreux, dans lesquels cette propriété moléculaire a été reconnue, je n'en ai encore trouvé que deux où il ait été possible d'en constater la persistance après la solidification : l'un est le sucre de cannes rendu incristallisable par la fusion, l'autre est la dextrine, ou l'amidon désagrégé, réduit en plaques diaphanes. Pour ce dernier, il est si difficile de l'obtenir en plaques régulières de quelque épaisseur, que j'ai pu seulement y constater la persistance du pouvoir rotatoire. Pour le premier, où la difficulté est bien moindre, le sens ainsi que l'intensité de ce pouvoir ont pu être constatés; et ces deux éléments s'y sont trouvés moléculairement les mêmes qu'à l'état de dissolution aqueuse, sans aucune différence appréciable.

» La cause qui empêche de multiplier ces exemples autant qu'on désirerait le faire, c'est la cristallisation qui, en s'opérant, développe des phénomènes de polarisation plane plus énergiques que les rotatoires, de sorte que ceux-ci en sont masqués. Par exemple, dans le cristal de roche, la rotation s'observe très évidemment lorsque le rayon lumineux qu'on y

introduit, traverse le cristal suivant l'axe des aiguilles, parce qu'alors la double réfraction propre au système cristallin étant nulle, la polarisation plane qui l'accompagne est nulle aussi, ce qui fait que les phénomènes rotatoires se montrent seuls. Mais, pour peu qu'on écarte la plaque de l'incidence normale, ce qui rend le rayon transmis oblique à l'axe, une portion de la lumière transmise prend la polarisation plane, et cette portion est d'autant plus considérable que l'obliquité sur l'axe devient plus grande; de sorte qu'après un certain degré d'inclinaison, les phénomènes rotatoires cessent d'être sensibles. Un effet analogue doit toujours se produire dans les plaques des cristaux à deux axes, quel que soit leur sens de coupe, et quelque direction qu'on leur donne sur le rayon incident. Voilà pourquoi les phénomènes rotatoires ne sont pas sensibles dans le sucre de cannes cristallisé, quoiqu'ils soient si apparents quand on le désagrége par l'eau, et qu'on l'observe en solution dans ce liquide. Il se joint quelquefois à cela une autre difficulté provenant de la petitesse des cristaux réguliers qui se groupent toujours confusément, dans les masses de dimension sensible. C'est ce qui arrive pour le camphre ordinaire, dont le pouvoir rotatoire peut s'observer non-seulement dans les solutions alcooliques, mais même dans l'état de liquéfaction ignée. Lorsqu'il prend l'état solide, tous ses petits cristaux s'agglomèrent en toutes sortes de sens, ce qui produit une masse diaphane qui dépolarise complétement la lumière à de très petites épaisseurs, sans permettre aux phénomènes rotatoires de se manifester. J'avais espéré mieux de l'acide tartrique, qui peut s'obtenir en masse solide et non cristallisée, après la fusion; mais la privation de l'eau, jointe au refroidissement, diminue tellement son pouvoir rotatoire, qu'il faudrait l'observer alors à travers des plaques beaucoup plus épaisses que je n'ai pu en obtenir avec la condition indispensable de la limpidité. Je me suis seulement assuré que, lorsqu'il est encore liquide par la fusion, et très chaud, l'élévation de la température exalte considérablement son pouvoir rotatoire, ce qui est conforme avec les autres expériences que j'avais faites sur lui à l'état de solution aqueuse. Il ne faut pas penser à y voir ces phénomènes lorsqu'il est cristallisé, parce qu'il a deux axes. En résumé, on voit que la possibilité d'observer les rotations dans des corps solides, exige que ces corps puissent s'obtenir ainsi en masse transparente, sans que leurs molécules chimiques se groupent par la cristallisation, ou qu'en se groupant ainsi elles composent un cristal à un seul axe. Voilà pourquoi on a trouvé jusqu'à présent si peu de corps, sur lesquels ces observations aient pu se faire dans toutes leurs phases, quoiqu'on les ait

réalisées, depuis l'état aériforme jusqu'à l'état solide, dans des corps différents (1). »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les générateurs de vapeur;* par M. le baron **Séguier.**

« Dans une précédente Note, nous avons eu l'honneur de passer en revue devant vous les principales causes des explosions des machines à vapeur. Nous avons dit que la forme généralement adoptée pour les soupapes de sûreté, en ne leur permettant plus d'adhérer sur leur siége, les rendait un moyen infaillible de limiter la pression pour tous les cas où la tension de la vapeur n'est que le résultat d'une formation progressive; nous avons reconnu que les soupapes, pas plus que les rondelles fusibles, n'étaient efficaces contre une production instantanée; nous avons recherché les causes des productions instantanées; nous avons cru pouvoir les rencontrer d'une manière non douteuse dans la réunion des deux circonstances suivantes, la sur-élévation de température des parois exposées au feu sans être en contact avec le liquide, par suite de l'abaissement fortuit du niveau, et le retour subit du liquide sur ces parois; nous avons indiqué comment, dans les chaudières à basse pression de forme rectangulaire, une légère augmentation de pression en faisant passer au convexe toutes les faces planes des parois ou cloisons intérieures composant le corps ou les galeries de la chaudière, augmentait la capacité et pouvait faire sensiblement baisser le niveau entretenu habituellement très près du sommet des galeries, pour éviter le poids du liquide; nous avons indiqué comment une dépression survenue par l'ouverture brusque d'une issue, en rétablissant les parois dans leur premier état, et en faisant globuler l'eau d'une manière tumultueuse, lui permettait de revenir sur les surfaces incandescentes, après un abandon momentané; nous avons annoncé en terminant, que nous demanderions à l'Académie la permission de l'en-

(1) Dans cette discussion, je n'ai pas examiné le cas où l'on attribuerait le pouvoir rotatoire du quartz cristallisé, à l'existence d'une matière étrangère à la silice, qui serait seulement distribuée, et interposée, entre les lames cristallines de ce minéral, sans en faire partie chimiquement. La parfaite constance de l'intensité de la rotation dans toutes les plaques de constitution uniforme, de quelque gisement qu'elles proviennent, et même quand le sens en est opposé, m'a paru rendre cette supposition trop peu vraisemblable. D'ailleurs elle conduirait également à considérer le pouvoir rotatoire du quartz cristallisé comme étranger à ses particules siliceuses.

tretenir plus tard du résultat des expériences particulières auxquelles nous nous livrions pour pallier ce dangereux résultat. Nous venons aujourd'hui réclamer votre bienveillance en faveur de nos efforts depuis long-temps prolongés avec la persévérance que peut suggérer l'utilité d'un pareil sujet.

» Après avoir mûrement réfléchi et long-temps expérimenté sur la nature et la cause des explosions, nous osons dire qu'avec de sages précautions, avec des soupapes de sûreté bien faites, des indicateurs de niveau efficaces, des pompes alimentaires d'un jeu fidèle, des chaudières enfin constamment tenues dans un état d'entretien qui permette à l'épaisseur de leurs parois d'être toujours suffisamment résistantes, les explosions sont impossibles.

» Et cependant que répondre à la vue de la douloureuse statistique de la seule année dernière, pour les explosions arrivées en Amérique, qui assigne aux victimes le triste chiffre de 1008? Suffira-t-il de s'enorgueillir de voir notre patrie, qui certes aussi est en progrès dans l'application de la vapeur aux diverses industries, n'avoir aucun sinistre à déplorer? Non, Messieurs, ce sentiment serait stérile; il vaut mieux apporter chacun le tribut de nos méditations sur ce sujet : un faisceau formé de toutes les expériences réunies, de toutes les lumières concentrées sur un même point, formera enfin un rempart efficace contre les trop réels dangers que la vapeur peut quelquefois présenter dans son emploi.

» De tous les moyens de prévenir les explosions, le plus sûr, le plus infaillible, à notre avis, est de rendre l'explosion sans danger même le cas échéant. Cette pensée est la base unique des constructions de chaudières auxquelles nous ne cessons de nous livrer depuis l'année 1832, époque à laquelle pour la première fois nous avons eu l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur l'un de nos producteurs de vapeur. Cette pensée ne nous fait cependant pas dédaigner l'addition de quelques-uns des nombreux moyens employés ou proposés pour combattre les explosions, comme par exemple, le flotteur ouvrant issue à un jet de vapeur, indiqué dans notre Mémoire de 1832.

» Nos efforts, toujours dirigés dans la même voie, ont eu pour but de faire passer notre appareil, de l'état d'un instrument d'expérience à celui d'une machine industrielle; c'est vous dire que nous avons dû dépouiller notre construction de toutes les difficultés d'exécution, de tous les soins minutieux d'entretien, pour en faire un auxiliaire robuste et presque grossier de l'industrie.

» La navigation à vapeur, parmi les nombreuses applications de la vapeur, nous a préoccupé par l'importance du rôle qu'elle est destinée à jouer tant au dedans qu'au dehors; aussi en construisant des producteurs à vapeur qui peuvent faire explosion sans autre danger qu'une projection d'eau bouillante, avons-nous eu en vue d'établir plus spécialement des générateurs de vapeur pour le service des bateaux ou vaisseaux.

» Les conditions de construction dans lesquelles nous nous sommes renfermé depuis notre point de départ sont les suivantes :

» 1°. Rendre l'explosion insignifiante en fractionnant suffisamment, dans un nombre assez considérable de vases, soit la vapeur déjà formée, soit l'eau destinée à la produire, et réduisant ainsi le désastre aux proportions exiguës du premier des vases qui se rompt;

» 2°. Combiner l'assemblage des diverses capacités de façon à ce qu'elles soient toutes solidaires pour la production, pour l'alimentation, et cependant qu'elles restent indépendantes pour la construction et la réparation;

» 3°. Disposer le système des vases ou capacités contenant le liquide, de façon à ce que celui-ci ne puisse point y subir l'influence des changements de position du navire ou bateau;

» 4°. Ménager dans l'appareil la possibilité d'assigner des températures diverses aux différentes parties, de façon à ce que le feu soit fait sous la partie la plus chaude, ce qui permet au gaz de la combustion de s'enflammer, et de telle sorte que la fumée s'échappe en définitive après avoir caressé la partie la plus froide et avoir ainsi réuni le concours des circonstances les plus convenables pour faire passer, dans le temps le plus court, le calorique du corps chauffant dans le corps chauffé;

» 5°. Disposer les surfaces des producteurs de manière que jamais dans le cas d'une reprise d'alimentation après un abaissement de niveau trop considérable et une incandescence de parois, le liquide réintroduit par la pompe alimentaire ne puisse brusquement se répartir sur une étendue de surface suffisante pour produire instantanément une quantité de vapeur dangereuse;

» 6°. Obtenir enfin les propriétés précitées avec un appareil léger, peu compliqué, d'une construction simple et facile, même économique.

» Telles sont, Messieurs, les conditions dans le cercle desquelles nous nous sommes efforcé de réaliser un appareil de la force de vingt chevaux; une expérience déjà suffisamment prolongée nous enhardit à vous en entretenir; notre exemple suivi par d'autres constructeurs, sur des

échelles beaucoup plus importantes, nous rendrait encore moins timide.

» Essayons donc de vous donner maintenant une description verbale de ce producteur dont nous déposons le plan sous vos yeux.

» Le fourneau-chaudière ou producteur de vapeur, à flamme renversée, dont nous vous entretenons, est composé de la réunion de seize bouilleurs ou tubes de 0^{c},16 de diamètre sur 4 mètres de long. Sept tubes accolés forment un premier plancher faisant paroi supérieure du fourneau. Les deux côtés ou cloisons latérales, ainsi qu'une cloison de refent, sont composées chacune de trois autres tubes: la face de la chaudière présente ainsi la forme de deux parallélogrammes juxtaposés dont trois côtés sont composés de tubes; le côté inférieur est formé par les grilles sur lesquelles le feu est allumé. Au milieu de chacun de ces parallélogrammes est la gueule d'un fourneau. Ces combinaisons répétées un plus grand nombre de fois feraient un producteur plus puissant ayant un plus grand nombre de gueules de fourneau. La largeur d'un tel producteur ne serait limitée dans un navire, que par la largeur même du navire, ou l'espace dont on peut disposer dans cette largeur.

» Tous les tubes ainsi réunis reçoivent, sur leur longueur, une inclinaison de 0,66 centimètre.

» Le feu est fait sous le bout le plus élevé. C'est à cette disposition que nous empruntons la dénomination de producteur à flamme renversée que nous avons donnée à ce genre de chaudière à vapeur.

» En inclinant nos tubes nous nous sommes proposé plus d'un but. D'abord nous avons voulu fournir à la vapeur, à mesure qu'elle est formée, la possibilité de se dégager du liquide pour arriver dans les réservoirs placés à la partie supérieure qui lui sont spécialement destinés. Nous avons voulu, en second lieu, permettre à notre colonne de liquide ainsi inclinée de prendre des températures diverses et en rapport avec la pesanteur spécifique de l'eau à ses divers degrés de caléfaction. Nous avons voulu offrir aussi à la flamme des angles d'incidence plus ouverts; son contact devient ainsi avec les tubes bien plus immédiat que si elle les caressait seulement presque parallèlement, comme dans les chaudières ordinaires. Nous avons trouvé ainsi le moyen de faire passer la fumée, en définitive, sous les points les plus froids de l'appareil; et c'est ici le moment de dire que notre alimentation se fait dans la partie inférieure de nos tubes. Dans le cas d'abaissement de niveau, on comprendra que l'eau injectée à chaque coup de pompe doit se diviser tout au moins

par le nombre de bouilleurs formant le plancher supérieur, pour ne toucher néanmoins leurs parois que sur un mince anneau ovale dont la hauteur est donnée par le produit de la pompe divisé par la somme des aires des tubes, et dont le développement est proportionnel à une section des tubes sous l'angle qu'ils forment avec le plan horizontal.

» Pour donner à la combustion, dans ces fourneaux à flamme renversée, le degré d'activité suffisant pour obtenir une abondante production de vapeur, nous avons cru devoir opérer notre tirage d'une manière mécanique; nous avons préféré le ventilateur si utilement modifié par M. Combes, au courant obtenu par un jet de vapeur lancé dans la cheminée, suivant la méthode décrite dans un Mémoire par M. Pelletan, principe plus anciennement indiqué pour d'autres applications par Manoury d'Ectot. Le tirage artificiel a pour nous le grand avantage de nous dispenser de l'emploi d'une haute cheminée, si incommode pour le service de la navigation.

» La possibilité d'imprimer au ventilateur des vitesses variables, nous fournit les moyens de faire traverser les foyers par des quantités d'air toujours suffisantes pour opérer une presque complète combustion de la fumée.

» Cette description déjà trop longue, mieux encore l'inspection du dessin, fera comprendre comment l'eau, emprisonnée dans nos tubes inclinés, ne peut en sortir pour occuper la place réservée à la vapeur dans la partie supérieure de l'appareil sans supposer le cas du presque complet renversement de tout le producteur.

» Espérons que l'emploi de ce générateur de vapeur à flamme renversée et à tirage artificiel, en se répandant, prouvera l'efficacité des solutions auxquelles nous croyons être parvenus dans l'important problème que depuis longues années nous nous efforçons de résoudre. »

BOTANIQUE. — *Lettre de* M. DUTROCHET, *sur un fort développement de chaleur dans le spadice de l'*Arum maculatum.

« Plusieurs naturalistes ont observé la chaleur qui se développe, au moment de la floraison, dans le spadice de quelques aroïdes. On connaît à cet égard les observations de M. Adolphe Brongniart sur le *Colocasia odora*. En dernier lieu, MM. Van Beek et Bergsma ont appliqué l'appareil thermo-électrique à la mesure de la chaleur développée dans le spadice de la même plante. C'est à l'aide de ce même appareil que j'ai recherché

si le spadice de l'*Arum maculatum* offrait aussi un développement de chaleur. Voici très sommairement ce que j'ai observé.

» Le sommet renflé en massue du spadice de l'*Arum maculatum* commence à offrir une chaleur supérieure à celle de l'air ambiant environ deux jours avant l'ouverture de la spathe. Cette chaleur s'accroît peu à peu, et elle arrive à son plus haut point au moment de l'ouverture de la spathe. Alors cette chaleur surpasse celle de l'air ambiant de 11 à 12 degrés centésimaux. Elle se maintient ainsi pendant environ deux heures; ensuite elle diminue graduellement, et elle disparaît tout-à-fait environ douze heures après, pour ne plus reparaître.

» Je donnerai plus tard de plus amples détails sur ce phénomène.

» Noroy, ce 4 mai 1839. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — M. **Turpin** dépose sur le bureau un Mémoire ayant pour titre : *Recherches microscopiques sur divers laits obtenus de vaches plus ou moins affectées de la maladie qui a régné dernièrement et vulgairement désignée sous la dénomination de* COCOTE.

Ce Mémoire, trop étendu pour être lu en séance, n'étant pas susceptible d'extrait, sera imprimé, avec les figures qui l'accompagnent, dans le 17ᵉ volume des *Mémoires de l'Académie*.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le problème des perturbations dans certains cas où l'excentricité de l'orbite de la planète troublée et son inclinaison à l'écliptique ont des valeurs quelconques; par* M. **J. Liouville**.

(Commissaires, MM. Poisson, Savary, Sturm.)

« La détermination exacte des perturbations produites dans le mouvement d'un astre autour du Soleil par les planètes qui composent notre système, a été depuis Newton l'objet des méditations des plus grands géomètres. Euler, Clairault, d'Alembert, Lagrange, Laplace s'en sont occupés successivement : aucun d'eux n'a trouvé la solution complète de la question. Ce n'est point toutefois par la difficulté mécanique du problème que l'on est arrêté; au contraire, on forme de suite les équations différentielles auxquelles il s'agit de satisfaire. Mais l'intégration rigoureuse et absolue de ces équations paraît au moins très difficile; en se bornant même

au cas si simple d'une seule planète perturbatrice, elle n'a pas pu jusqu'ici être effectuée.

» Dans le cas le plus général on remédie à cet inconvénient par une méthode pratique qui consiste à substituer à l'intégrale exacte une intégrale très approchée que l'on obtient à l'aide de quadratures. La formule à laquelle ces quadratures conduisent permet de suivre pas à pas les effets des perturbations, mais non de calculer directement le lieu de l'astre à une époque quelconque : on est obligé de traverser d'abord toutes les époques intermédiaires. Cette méthode est à peu près celle dont on fait usage dans la théorie des comètes et dans celle des planètes télescopiques : elle est d'une longueur presque rebutante ; mais elle est dans beaucoup de cas la seule que l'on puisse suivre; d'ailleurs elle n'a guère d'autre difficulté que sa longueur même.

» Dans la théorie de la Lune et des planètes proprement dites, les efforts des géomètres ont été plus heureux. Non-seulement ils ont démontré par une analyse savante la stabilité de notre système et le théorème si remarquable de l'invariabilité des grands axes, mais ils sont de plus parvenus à représenter en détail et minutieusement les inégalités périodiques qui font à chaque instant osciller les planètes autour du lieu moyen que leur assignent les lois de Képler. Telle est la simplicité de leurs formules, que le calcul à effectuer pour en déduire l'effet des perturbations après un temps donné, que je nommerai t, ne dépend en aucune manière de la grandeur de t.

» Voilà, je crois, le point principal qui distingue la théorie de la Lune et des planètes proprement dites de celle des comètes et des planètes télescopiques. Dans cette dernière, en effet, la longueur du calcul à effectuer ne serait pas indépendante du temps t : elle serait au contraire proportionnelle à ce temps ; elle deviendrait double ou triple si l'époque que l'on nous assigne était deux ou trois fois plus éloignée de nous.

» La simplicité des formules dont on fait usage dans la théorie des planètes tient à la petitesse des forces qui troublent leurs mouvements, et aussi à la petitesse des excentricités de leurs orbites et des angles compris entre les plans de ces orbites et le plan de l'écliptique. Il résulte de là que les inégalités périodiques dont on cherche l'expression peuvent se développer en séries très convergentes de sinus et de cosinus d'arcs proportionnels au temps.

» Les coefficients de ces sinus et de ces cosinus s'obtiennent par différents moyens. M. Poisson les a exprimés en quadratures définies doubles;

j'ai montré depuis que ses formules peuvent être réduites à ne dépendre que d'intégrales simples; cette modification, dont l'utilité pratique me paraît incontestable, a été approuvée par M. Poisson lui-même (1).

» Dans un autre Mémoire, présenté à l'Académie le 11 juillet 1836 (2), je me suis proposé de simplifier, sous un autre point de vue, le calcul des perturbations, en y introduisant l'usage de fonctions elliptiques indéfinies dont l'amplitude est variable avec le temps. Un nombre limité de ces fonctions (que Legendre a réduites en tables) peut en effet, dans certains cas, remplacer un nombre infini de sinus et de cosinus; il y a donc alors un grand avantage à les admettre dans le calcul.

» En rédigeant le Mémoire dont je parle, j'avais surtout en vue le cas singulier où deux planètes, de masses très petites, décriraient presque dans un même plan, et à des distances du Soleil assez peu différentes entre elles, deux courbes presque circulaires. Je ne m'étais nullement affranchi de l'hypothèse ordinaire des géomètres relativement à la petitesse des excentricités et des inclinaisons. Les résultats auxquels je suis arrivé ne s'appliquent donc pas mieux que l'ancienne théorie au calcul des perturbations des planètes télescopiques.

» Mais en introduisant dans mes formules une modification très légère, il m'a été facile de reconnaître qu'elles pouvaient devenir utiles dans ce dernier cas, du moins en supposant la force perturbatrice et l'excentricité de la planète troublante peu considérables, ce qui a lieu par exemple quand on considère les perturbations produites par l'action de Saturne. Il est aisé de montrer, en effet, qu'à l'aide de certaines tables particulières, qu'il faudrait d'abord construire, elles peuvent servir à calculer, immédiatement et sans quadratures successives, les perturbations produites au bout d'un temps quelconque donné.

» Les difficultés de calcul qui resteront à vaincre dépendront uniquement de la construction de ces tables dont on devra s'occuper une fois pour toutes.

» Pour faire comprendre en peu de mots cette extension nouvelle de mon analyse, je dois rappeler d'abord que, dans le Mémoire cité plus haut, j'ai réduit le calcul des perturbations planétaires à celui de certaines inté-

---

(1) *Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, avril 1836. — *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, t. I, p. 197.

(2) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, tom. I, p. 445; *Mémoire sur un nouvel usage des fonctions elliptiques dans les problèmes de mécanique céleste.*

grales simples ou doubles, dont la limite inférieure est zéro, et dont la limite supérieure est le temps écoulé à partir d'une époque donnée : l'élément de chacune de ces intégrales est une fonction très simple du temps t.

» Cela posé, remplacez la fonction dont je parle par une fonction périodique de t, plus compliquée, mais supposée exactement connue à chaque instant; puis remplacez le temps t lui-même par une autre quantité θ, qui sera aussi une fonction périodique de t; vous aurez les intégrales dont je fais dépendre aujourd'hui le calcul des perturbations : θ sera par exemple l'anomalie excentrique, ou la longitude vraie; le choix de cette fonction θ est subordonné aux conditions particulières du problème qu'on veut résoudre.

» La théorie des intégrales, simples ou doubles relatives à θ, dépend exactement des principes développés dans mon ancien Mémoire; mais elle exige la construction de certaines tables particulières, puisqu'on ne peut pas en général la ramener à celle des seules fonctions elliptiques. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Mémoire sur la théorie de la Lune; par* M. G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires, MM. Poisson, Savary, Sturm.)

« Dans une précédente communication j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le calcul d'une classe particulière d'inégalités très intéressantes dans le mouvement de la Lune, parce que c'est dans cette classe que sont comprises les inégalités lunaires qui par la comparaison de leurs expressions analytiques aux observations, nous ont fourni les données les plus certaines que nous possédions sur la figure de la Terre. Je m'occuperai spécialement aujourd'hui des inégalités périodiques de notre satellite. Quelques-unes de ces inégalités ont d'abord été découvertes par les observateurs; mais le principe de *la gravitation* en démêlant les arguments d'une infinité d'autres qui par leur complication seraient demeurés long-temps confondus, et en donnant ainsi aux astronomes le moyen d'en calculer les coefficients par l'observation, a contribué plus que tout le reste à amener les *tables lunaires* au degré de perfectionnement qu'elles ont aujourd'hui.

» Aussi la théorie de la Lune a-t-elle attiré depuis Newton l'attention des plus grands géomètres. On peut varier d'une infinité de manières, la solution du problème que présente la détermination de ses inégalités, par le choix des coordonnées auxquelles on rapporte son mouvement.

Presque tous ceux qui après d'Alembert et Clairaut se sont occupés de cette question, ont adopté les formules différentielles que ces deux géomètres avaient établies et dont ils avaient fait comme la base de leur solution. Ces formules supposent que l'on regarde comme constante la différentielle du mouvement vrai de la Lune rapporté à l'écliptique, en sorte qu'en les développant et en les intégrant ensuite, on obtient la longitude moyenne de cet astre, sa latitude et sa parallaxe en séries de *sinus* et de *cosinus* d'angles croissant proportionnellement à son mouvement vrai. On convertit ensuite par le renversement de la série, la longitude vraie en fonction de la longitude moyenne, et l'on substitue cette valeur à la place de la longitude vraie dans les expressions de la parallaxe et de la latitude pour les réduire en séries de *sinus* et de *cosinus* d'angles proportionnels au temps, c'est-à-dire à la forme qu'il est nécessaire de leur donner pour rendre les formules de la théorie comparables aux observations.

» Cette méthode a des avantages, mais elle a aussi de graves inconvénients. Dans ce système de variables, les équations différentielles du mouvement troublé sont faciles à développer, parce que la fonction perturbatrice se présente naturellement exprimée en fonction de la longitude vraie, ou qu'il est du moins toujours facile de la ramener à cette forme; le développement de la fonction perturbatrice, lorsqu'on l'exprime de toute autre manière, par exemple en séries de *sinus* et de *cosinus* d'angles proportionnels à la longitude moyenne, exige des calculs qui se compliquent à mesure qu'on veut s'élever à des approximations plus exactes. On obtient d'ailleurs très aisément par cette méthode les premières valeurs approchées des principales inégalités lunaires, et c'est cette facilité d'arriver ainsi, sans beaucoup de peine, au seul but qu'ils se proposaient, qui décida sans doute les premiers géomètres qui s'occupèrent du problème des trois corps, dans le choix des variables auxquelles ils se sont arrêtés. Mais lorsque l'on ne s'est plus contenté de rechercher dans la loi de la pesanteur universelle la cause des principales inégalités de la Lune, lorsqu'on a voulu porter les approximations plus loin, et qu'on en est venu à demander à la seule théorie des tables aussi exactes que celles qu'on avait construites auparavant par le secours de l'observation et de la théorie, on a pu reconnaître bientôt que les avantages de cette méthode étaient illusoires, que les approximations n'étaient ni moins laborieuses, ni plus convergentes, et qu'enfin la conversion par le retour des séries, des expressions du rayon vecteur, de la latitude

et de la longitude vraie en fonction de la longitude moyenne, opération facile quand il ne s'agissait que de quelques inégalités isolées, se compliquaient lorsqu'on venait à en considérer un très grand nombre, et ajoutait à un travail déjà pénible un nouveau travail qu'il eût peut-être été plus avantageux d'éviter. Dans son Mémoire sur la théorie de la Lune, M. Poisson a développé avec trop de force et de raison les inconvénients que peut présenter cette méthode, suivie jusqu'ici presque exclusivement par les géomètres qui ont traité la même question, pour que je croie nécessaire d'insister davantage sur cet objet; j'ajouterai seulement qu'il y a dans cette théorie une classe particulière d'inégalités, croissant avec une grande lenteur, et qu'on a nommées par cette raison *inégalités à longues périodes*. Elles aquièrent pour diviseur, par la double intégration qu'elles subissent, le carré du coefficient de la longitude vraie dans leur argument; ces diviseurs carrés disparaissent dans le résultat final, et se réduisent à la première puissance, de sorte que l'omission de quelqu'un des termes qui doivent se détruire, et qui sont très grands relativement aux autres termes, peut rendre les coefficients de ces inégalités fort inexacts; c'est ce qui était arrivé à plusieurs géomètres qui avaient employé pour déterminer ces inégalités les équations ordinaires où la différentielle du mouvement vrai en longitude est supposée constante. Laplace, qui avait reconnu cet inconvénient, avait cru nécessaire d'abandonner en cette occasion la voie qu'il avait constamment suivie jusque-là, et d'appliquer des méthodes particulières à ces inégalités qui forment comme une exception dans sa théorie. N'était-ce pas là un nouveau motif pour essayer de trouver un système de variables qui convînt en même temps aux diverses classes des inégalités lunaires, et qui pût ainsi les embrasser toutes dans les mêmes formules, ce qui donnerait à la fois plus de généralité et d'élégance à l'analyse.

» Telles sont les considérations qui m'ont amené à penser que ce serait un travail utile que celui qui aurait pour but d'appliquer à la détermination du mouvement troublé de la Lune, les formules ordinairement employées dans la théorie des planètes, et de ramener ainsi l'unité dans toute cette partie de la Mécanique céleste. Comme dans ces formules la différentielle du temps est supposée constante, leur intégration donne directement les expressions de la parallaxe, de la longitude vraie, et de la latitude en séries de *sinus* et de *cosinus* d'angles proportionnels au temps, comme il est nécessaire de les avoir pour la construction des tables; et si le développement de la fonction perturbatrice est un peu plus pénible

dans cette seconde méthode que dans la première, on en est dédommagé en évitant les pénibles conversions que celle-ci exige, et en ne perdant jamais de vue, pendant toute l'opération, le but que l'on veut atteindre, ce qui est le grand avantage des méthodes directes. Cependant d'autres raisons m'ont encore déterminé à entreprendre cette tâche pénible. On sait que le procédé employé par Laplace, pour l'intégration des équations différentielles du mouvement troublé de la Lune, consiste à introduire dans ces équations les expressions du rayon vecteur, de la latitude et de la longitude moyenne, développées en séries de *sinus* et de *cosinus* d'angles proportionnels à la longitude vraie, et multipliées par des coefficients indéterminés. Par la comparaison des termes qui dépendent des mêmes arguments, on établit ensuite entre ces coefficients des équations de condition, qui, réduites en nombre et traitées par les procédés ordinaires de l'élimination, font connaître les valeurs numériques des arbitraires que renfermaient les expressions des trois variables du problème. C'est cette méthode qu'a suivie M. *Damoiseau* dans son Mémoire couronné par l'Académie en 1820, et où il a porté l'approximation à un point qu'il paraît difficile de dépasser. M. *Damoiseau* a ainsi satisfait complétement aux conditions du programme qui demandait la formation des tables lunaires uniquement fondées sur la théorie de la pesanteur universelle; mais il m'a semblé que dans l'état actuel de la *théorie du système du monde*, ce n'était point assez, et qu'on avait le droit de demander à l'analyse des expressions littérales de toutes les inégalités lunaires, qui n'eussent besoin, pour être réduites en nombres, que de la substitution des valeurs numériques des éléments que la théorie emprunte à l'observation; des expressions enfin telles que nous en avons pour déterminer les inégalités planétaires. Ces expressions auraient l'avantage de pouvoir servir à toutes les époques, et de fournir pour les coefficients des diverses inégalités lunaires, des expressions d'une exactitude toujours croissante à mesure que la discussion d'un plus grand nombre d'observations fera mieux connaître les éléments arbitraires de la théorie. Elles ont aussi l'avantage précieux de se prêter à une vérification facile, parce que la formation de chaque terme étant bien connue, il est aisé de remonter à la source de l'erreur qui pourrait affecter quelqu'un d'entre eux; tandis que par l'autre procédé, au contraire, les coefficients des diverses inégalités sont tellement liés entre eux, qu'une erreur introduite dans l'expression de l'un de ces coefficients peut influer sur beaucoup d'autres, et exiger, pour la faire disparaître, un long et pénible calcul.

» C'est aussi de ce point de vue que M. Plana a envisagé la question dans son important ouvrage sur la *Théorie de la Lune,* qui ne comprend pas moins de trois gros volumes in-4e; et l'on peut dire que sous ce rapport, ce géomètre a fait faire un grand pas à cette théorie. L'ouvrage de M. Plana, quant à la précision des approximations, ne laisse rien à désirer; mais il est impossible de ne pas être effrayé de l'immense abîme de calculs qui sépare les équations différentielles du mouvement troublé, des résultats définitifs qui dérivent de leur intégration. M. Plana est parti, comme l'avait fait M. Damoiseau, des équations différentielles du problème des trois corps données par Clairaut et d'Alembert; or, si cette méthode, comme nous l'avons dit plus haut, a déjà des inconvénients qui compensent ses avantages, dans le cas où l'on ne demande à l'analyse qu'une solution numérique, il suffit de suivre avec quelque soin l'ouvrage de M. Plana, pour se convaincre qu'elle en a de bien plus graves quand il s'agit d'une solution littérale, comme celle que ce géomètre s'est proposée. La conversion seule des formules exprimées en fonction de la longitude vraie, en formules réduites en fonction de la longitude moyenne, exige alors des calculs qui doublent peut-être le travail de l'opération entière: c'est ce dont on peut s'assurer en jetant seulement les yeux sur l'étendue qu'occupe cette conversion dans l'ouvrage que nous venons de citer.

» Convaincu donc qu'en embrassant la question sous son point de vue le plus général, la solution la plus directe devait être aussi la plus simple, je n'ai plus hésité à en entreprendre le travail. Le Mémoire suivant en contient les résultats. Il faut bien prévenir cependant, avant d'en commencer la lecture, que la simplicité que nous annonçons en parlant des perturbations de la Lune, n'est qu'une simplicité relative; et l'on ne doit pas s'attendre à obtenir de la théorie des tables lunaires dont les erreurs ne dépassent pas celles que comportent les observations, sans de longs et pénibles développements de calculs; mais je crois que l'on sera convaincu en lisant ce Mémoire, que de toutes les méthodes qu'on peut employer pour atteindre le même but, celle que j'ai suivie est encore celle qui en exige le moins. C'était déjà beaucoup, sans doute, que d'avoir ramené par un choix convenable de variables, une question difficile à ses moindres termes, et d'avoir introduit en même temps plus d'uniformité dans toutes les parties du calcul des perturbations planétaires; mais ce travail devait encore me fournir un autre avantage: c'était celui de pouvoir servir continuellement de contrôle aux résultats obtenus par d'autres méthodes. En effet, la grande difficulté de la détermination théorique des inégalités lu-

naires, vient de ce que chaque inégalité d'un ordre donné, résulte souvent de la combinaison d'un grand nombre d'inégalités différentes d'un ordre inférieur. Il est donc facile lorsqu'on veut porter un peu loin les approximations, d'omettre quelqu'une de ces combinaisons et d'arriver ainsi à des résultats inexacts; c'est un danger dont les géomètres les plus habiles, qui ont traité jusqu'ici cette théorie, n'ont pu se garantir. Outre que ce serait un travail fastidieux que de vérifier des calculs aussi compliqués, en s'astreignant à suivre la même voie que leurs auteurs, on pourrait craindre encore en marchant sur leurs traces, de tomber dans les mêmes omissions qu'ils ont commises. Mais l'accord parfait qui se montrerait entre des résultats déduits de méthodes entièrement différentes, serait sans doute une garantie certaine de leur exactitude; c'est ainsi qu'en donnant à mes expressions analytiques la forme qu'avait adoptée M. Plana, et en arrivant directement à ces expressions qu'il n'a obtenues que par de pénibles réductions, leur comparaison en a rendu la vérification très facile. On verra dans mon Mémoire que j'ai pu relever ainsi quelques erreurs qui lui étaient échappées, et qui sont presque inséparables de si longs calculs; je citerai, par exemple, celle qui produisait la différence du coefficient de l'équation annuelle donné par cet auteur à celui que lui attribue M. Damoiseau, différence qui avait été remarquée par M. Poisson. Au reste, ces erreurs sont peu nombreuses, et la vérification que nous avons fait subir aux résultats de M. Plana, prouve qu'il n'a pas mis moins de soin dans le détail de ses immenses calculs qu'il n'a montré de persévérance en poussant les approximations aussi loin qu'on pouvait le désirer. Après cette vérification complète, qui a été l'un des derniers vœux qu'ait formés Laplace, et à laquelle il attachait une grande importance, comme il le dit lui-même dans un Mémoire inséré dans la *Connaissance des Temps* de 1823, il ne restera plus rien à désirer dans la théorie mathématique de la Lune; on verra toutes les inégalités de cet astre si irrégulier résulter du seul principe de la pesanteur universelle, et nous aurons pour les déterminer des formules qui offriront toute la certitude et la précision désirables, et sur lesquelles on pourra avec confiance construire des tables lunaires aussi exactes que nos meilleures tables planétaires.

» Ainsi donc, en résumé, rendre à la théorie des perturbations planétaires une marche uniforme, en faisant dépendre des mêmes équations différentielles la détermination de toutes les inégalités des planètes et des satellites; arriver par une méthode directe, dans la théorie de la Lune, à des expressions qu'on n'avait obtenues jusqu'ici que par des transforma-

tions compliquées; essayer de réduire à quelques mois un travail qui avait coûté de longues et laborieuses années à ceux qui l'avaient entrepris; enfin, fournir aux astronomes qui voudront former des tables lunaires, soit par la seule théorie, soit par la combinaison de la théorie et des observations, des bases d'une exactitude désormais incontestable : tel est le but que je me suis proposé dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. J'y ai joint le calcul que j'avais déjà présenté dans une autre occasion, des inégalités dites *à longues périodes*, inégalités auxquelles Laplace attachait beaucoup d'intérêt, et qui, en général, n'avaient été déterminées que d'une manière incomplète par les géomètres qui s'en étaient occupés. Je me suis particulièrement attaché ici au calcul des inégalités périodiques. Ce travail est complet en ce qui regarde les inégalités de la *parallaxe* et de la *latitude;* quant au mouvement lunaire en longitude, qui demande que l'on pousse plus loin les approximations, à cause des grandes perturbations auxquelles il est soumis, il reste encore des termes à calculer dans les coefficients de quelques inégalités, pour atteindre la précision que les observations exigent; mais cette lacune sera facilement comblée : et si l'Académie voit avec intérêt le travail que j'ai l'honneur de lui offrir aujourd'hui, si elle pense que je ne m'en suis pas exagéré l'importance, et qu'en effet il pourra être utile aux progrès de l'Astronomie théorique, je n'épargnerai aucun soin dans les recherches qui me resteraient à faire encore pour le compléter. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — Premier Mémoire : *Sur la cause probable des anciens déluges, rapportés dans les annales historiques des Chinois; par* M. ÉDOUARD BIOT.

Deuxième Mémoire : *Sur les tremblements de terre, affaissements et soulèvements de montagnes, observés en Chine, depuis les temps anciens jusqu'à nos jours; par* M. ÉDOUARD BIOT.

(Commissaires, MM. Arago, Élie de Beaumont, Boussingault.)

Ces deux Mémoires étaient accompagnés de la lettre suivante :

« J'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie des Sciences, deux Mémoires : l'un sur la cause probable des anciens déluges, rapportés dans l'Histoire chinoise; l'autre sur les tremblements de terre, affaissements et soulèvements de montagnes qui ont eu lieu en Chine, depuis les temps anciens jusqu'à nos jours, et qui sont consignés avec leurs

dates et leurs circonstances spéciales dans les annales officielles de ce pays.

» M. de Humboldt, dans ses fragments de Géologie et de Climatologie asiatiques, s'est servi, pour confirmer ses belles observations sur les phénomènes volcaniques de l'Asie centrale, d'un grand nombre de passages extraits des ouvrages chinois par MM. Klaproth et Abel Rémusat. L'exemple, ainsi donné par cet illustre géologue, m'a paru démontrer que la science ne devait pas négliger les indications fournies par les auteurs chinois sur cette vaste partie du globe, si peu accessible jusqu'à ce jour aux recherches des voyageurs européens. Je me suis donc proposé de continuer le travail de MM. Klaproth et Rémusat pour l'intérieur de la Chine, et d'explorer avec soin les recueils faits par les auteurs chinois les plus judicieux, pour en extraire tous les documents qui peuvent se rapporter à la Géologie, la Climatologie et la Minéralogie de ce vaste empire. Cette étude fera l'objet de plusieurs Mémoires que j'aurai l'honneur de soumettre à l'Académie des Sciences, si mes recherches ne lui paraissent pas trop en dehors de ses travaux habituels, et si elles lui offrent assez d'intérêt. J'espère au moins constater suffisamment à ses yeux l'exactitude des documents que je reproduis, en disant que je suis constamment appuyé des bienveillants secours du premier représentant des études chinoises en Europe. M. Stan. Julien s'est toujours empressé d'éclaircir les passages qui ont pu m'arrêter, et de me communiquer les nombreux ouvrages de sa riche collection. Je dois lui en témoigner ma reconnaissance.

» Dans mon premier Mémoire, je me propose d'examiner les faits et traditions recueillis dans les monuments littéraires de la Chine ancienne sur deux grandes inondations générales, ou déluges qui ont dévasté le monde chinois à des époques antérieures au 23e siècle avant notre ère. L'une de ces inondations générales est connue sous le nom de déluge d'Yao, et citée dans le livre sacré Chou-King : sa date est fixée au 24e siècle avant notre ère par les computations chronologiques des Chinois, et par le calcul approximatif d'une éclipse de Soleil indiquée par le texte sous le règne de l'un des premiers successeurs d'Yao. L'autre déluge est de beaucoup antérieur ; son souvenir s'est conservé dans des traditions recueillies par des compilateurs qui vivaient deux siècles seulement avant la naissance de J.-C. Ils le font remonter au moins jusqu'au 35e siècle avant notre ère, au temps de Fo-hy, ce chef du peuple conquérant qui descendit des montagnes orientales du Tibet, et chassa devant lui les

naturels de la Chine ancienne : mais cette date n'est nullement précise, et elle se confond avec les temps héroïques. Diverses indications rendent même très probable qu'il y a eu plusieurs grandes inondations successives avant le règne d'Yao.

» Les livres chinois qui mentionnent ces grandes catastrophes ne les attribuent nullement à des pluies accidentelles ou à toute autre cause définie physiquement; mais cette cause me semble résulter évidemment des détails de leur récit. La catastrophe des temps héroïques me paraît devoir s'expliquer par les grands phénomènes de soulèvements que M. de Humboldt a constatés dans la partie de l'Asie centrale voisine de la Chine. La catastrophe du temps d'Yao me paraît devoir s'expliquer par des soulèvements analogues dans la Chine même. M. Élie de Beaumont, à l'inspection seule des cartes que j'ai eu l'occasion de lui présenter, a reconnu dans la direction commune des principales chaînes chinoises du sud-ouest au nord-est, un indice très vraisemblable de leur soulèvement, et je dois à ses savantes observations la première idée de l'hypothèse que j'ai développée.

» Je suis ainsi conduit à conclure :

» 1°. Que des mers intérieures doivent avoir existé dans le désert de Cobi, et aux environs du lac Ho-ho-noor, et s'être déversées sur la Chine basse, l'une par un affluent du fleuve Jaune, entre le grand coude de ce fleuve vers le nord et les monts Nan-chan; l'autre par la gorge de Tsy-chy, près de Ho-tcheou du Chensy;

» 2°. Que le déluge du temps d'Yao a dû être occasioné par le soulèvement simultané ou peu distant de deux grands systèmes de montagnes, dirigés l'un de Tai-tong-fou du Chan-sy à la pointe méridionale de la province de Yun-nan, l'autre de la pointe du Leao-tong, à l'extrémité de l'île de Hai-nan;

» 3°. Que le soulèvement du premier système barra le cours du fleuve Jaune qui, jusque là, coulait directement à l'Orient par les 40e et 39e parallèles, le rejeta vers le Midi où il rejoignit la vallée de la rivière Ouey du Chensy, après la rupture des barrages secondaires de Mong-men et de Long-men, et modifia aussi le cours de la grande rivière Han-kiang;

» 4°. Que le soulèvement du second système barra le cours du grand Kiang, couvrit de lacs et de marais la Chine centrale, et agit avec le premier pour modifier le cours des rivières du Chan-tong et du Pe-tche-ly.

» Mon deuxième Mémoire contient le catalogue complet des tremblements de terre, affaissements et soulèvements de montagnes, rapportés

par les Annales chinoises, et la fréquence de ces phénomènes parfaitement constatés dans les vallées du fleuve Jaune et du Kiang, me semble confirmer d'une manière frappante les considérations que j'ai présentés dans mon premier Mémoire. Ce catalogue me paraît offrir des faits intéressants pour la géologie, tels que de fréquentes éruptions aqueuses et boueuses, la formation de longues fissures dans le sol, et des soulèvements de petites buttes dans les plaines après l'éboulement, l'affaissement ou la disparition de quelque grande montagne. Ces petites buttes sont analogues aux *Hornitos* du Nouveau-Monde que M. de Humboldt a le premier signalés à l'attention des géologues. Les tremblements de terre cités dans le texte chinois ont des effets aussi terribles que ceux de l'Amérique du sud : comme au Pérou et au Chili, ils sont ordinairement accompagnés ou précédés d'un bruit sourd, et les descriptions des affaissements observés en Chine sont comme identiques avec les descriptions de faits semblables que M. Boussingault a bien voulu extraire pour moi du Journal de son voyage. Cette analogie singulière me paraît concorder parfaitement avec une observation très remarquable que m'a communiquée M. Élie de Beaumont. Ce savant géologue m'a montré que l'axe de la grande Cordillière américaine, et celui des principales chaînes chinoises, à l'est du 106ᵉ degré de longitude, se trouvent placés sur un même grand cercle de la sphère. Le système des Andes se rattache donc au système des montagnes chinoises, et la croûte terrestre semble encore imparfaitement consolidée sur toute l'étendue de cette ligne géologique. »

OPTIQUE.— *Sur la perte d'un demi-intervalle d'interférence qui a lieu dans la réflexion à la seconde surface d'un milieu réfringent; par* M. **Babinet.**

(Commissaires, MM. Arago, Savary.)

« Pour expliquer la teinte centrale dans le phénomène des anneaux colorés, et notamment la tache noire que l'on observe par réflexion au centre des anneaux étudiés par Newton et formés par Hooke entre deux verres sphériques de même nature et qui comprennent entre eux une lame d'air, et enfin les teintes complémentaires des anneaux réfléchis et transmis, on admet que la réflexion à la seconde surface d'un milieu plus dense que l'air diffère de la réflexion à la première surface par cette curieuse particularité, que le chemin parcouru par le rayon réfléchi à la première surface doit être considéré comme surpassant le chemin parcouru par un rayon réfléchi à la seconde surface (quelle que soit l'incidence!), d'un certain

excès précisément égal à un demi-intervalle d'interférence, c'est-à-dire à la moitié de la longueur qui fait que deux rayons, s'accordant primitivement, s'accordent de nouveau quand l'un des deux a été retardé de cette quantité. Cette déduction de la théorie peut être mise en évidence indépendamment de toute hypothèse sur la cause des phénomènes de coloration des lames minces.

» I. Je fais tomber sur une plaque épaisse à faces parallèles, des rayons provenant d'une ouverture étroite et séparés en deux faisceaux interférents par une *plaque-prisme*. La seconde surface de la plaque épaisse est *étamée* à moitié; en sorte que l'on peut opérer la réflexion sur sa seconde surface dans les trois cas suivants : 1° les deux faisceaux interférents sont réfléchis tous les deux par la seconde surface dans la partie non étamée; 2° l'un des faisceaux se réfléchit sur la surface non étamée et l'autre sur la surface étamée; 3° tous les deux se réfléchissent sur la surface étamée.

» Le résultat de l'expérience est que dans le premier et le troisième cas où les réflexions sont de même nature, c'est-à-dire de plus réfringent sur moins réfringent, ou de moins réfringent sur plus réfringent, la bande centrale des franges d'interférence est blanche et les rayons interférents d'accord, comme ayant parcouru des chemins égaux; tandis que dans le second cas, où les deux réflexions sont de nature contraires, la bande centrale est noire, et la perte d'un demi-intervalle d'interférence pour un des rayons est évidente.

» II. Si l'on emploie une plaque prismatique, et si au lieu d'étamer la seconde surface on se contente de la mouiller d'un liquide suffisamment réfringent pour empêcher la réflexion totale; et alors, si l'on fait interférer les rayons qui subissent la réflexion totale sur la surface nue avec les rayons qui sont partiellement réfléchis sur la partie mouillée, on pourra comparer les effets de ces deux sortes de réflexions. On trouve que le rayon réfléchi totalement doit être assimilé à un rayon qui aurait parcouru un chemin *moindre* que le chemin parcouru par le rayon non réfléchi totalement; en sorte que le centre des bandes d'interférence se reporte vers le côté du rayon réfléchi *non totalement*, lorsqu'on passe de la position où les deux rayons sont réfléchis tous deux *totalement* ou tous deux *non totalement*, à la position où l'un est réfléchi totalement, et l'autre réfléchi partiellement.

» III. Le même procédé peut servir également à étudier la réflexion sur les métaux à différents angles d'incidence, en faisant interférer deux rayons réfléchis, l'un sur une plaque de verre, l'autre sur une plaque

métallique contiguë et dont la surface est dans le prolongement de la surface non métallique. Le déplacement de la bande centrale dans les franges d'interférence, quand un des rayons se réfléchira sur le verre et l'autre sur le métal *à diverses incidences,* donnera des notions très importantes sur la nature encore très obscure de cette sorte de réflexion non accompagnée de réfraction. »

OPTIQUE. — M. **Arago** présente, de la part de M. *Babinet,* un instrument destiné à la mesure des angles et à la détermination des indices de réfraction. C'est un goniomètre à réflexion comme ceux de Malus et de Wollaston, mais le pointé s'opère d'une manière différente et dispense de prendre un point de mire éloigné, et de tenir l'instrument dans une position fixe. En effet, la mire consiste en des fils croisés placés au foyer d'une lentille; les rayons à l'aide desquels ces fils sont vus, sortent parallèles ou comme s'ils venaient d'une distance infinie, et vont ainsi tomber sur le prisme dont on veut connaître l'angle ou la déviation. Les fils et la lentille font partie de l'instrument qui porte ainsi avec lui sa mire dans toutes les positions et permet d'opérer sans qu'il soit même besoin de le poser sur son pied. Une lunette, mobile sur le timbre, relève ensuite les rayons réfléchis sur les faces du prisme ou transmis au minimum de déviation, et par suite, on peut calculer l'indice de réfraction. M. Arago mentionne encore, parmi les usages de ce goniomètre dans la physique et la minéralogie, la détermination *de l'angle de polarisation* pour chaque substance, caractère sur lequel M. Beudant a particulièrement insisté comme très général et très important, et qui est lié intimement au pouvoir réfringent. Enfin, le même appareil donne aussi l'angle que font entre eux les axes optiques dans les cristaux bi-axes et les diamètres des anneaux de la polarisation chromatique dans ce cas comme dans celui des cristaux à un axe.

(MM. Arago et Savary feront un rapport sur l'instrument de M. Babinet.)

CHIMIE. — *Expériences pour servir à l'histoire de l'Éthérification; par* M. **Fréd. Kuhlmann.**

M. *Kuhlmann* adresse à l'Académie un Mémoire dans lequel il annonce que les chlorures électro-négatifs forment avec l'alcool, l'éther et l'esprit de bois des combinaisons définies, cristallisables et dont l'existence lui paraît devoir occuper une place importante dans l'histoire de l'éthérification.

Celles de ces combinaisons qui résultent de l'union de l'alcool avec les chlorures, sont décomposées par la chaleur avec production abondante d'éther sulfurique ou d'éther hydro-chlorique.

M. Kuhlmann est également parvenu à combiner l'acide nitreux, soit avec ces mêmes chlorures, soit avec plusieurs acides anhydres.

Il annonce qu'il a répété plusieurs fois, et souvent sur une grande échelle, les expériences sur la mousse de platine, dont il a entretenu l'Académie et qu'il les a trouvées exactes, à l'exception d'une seule qui est celle relative à la production de l'éther acétique.

(Renvoyé aux Commissaires nommés pour son premier Mémoire.)

MACHINES. — *Observations sur la force motrice de la vapeur, et description d'une nouvelle machine à mouvement rotatif continu; par* M. AUBUJAUD, du Havre.

(Renvoyé à la Commission pour les machines rotatives.)

NOMINATIONS.

L'Académie a procédé dans cette séance à la nomination d'un correspondant de la section de Géométrie. Les voix ayant été ainsi réparties :

M. Chasles.......... 31,
M. Hamilton........ 4,
M. Lebesgue........ 2;

M. Chasles est proclamé Correspondant.

M. LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR invite l'Académie à nommer les trois Commissaires qui, aux termes du décret du 25 août 1804, doivent coopérer au jugement des pièces de concours des élèves de l'École des Ponts-et-Chaussées.

Les membres désignés par l'Académie pour composer cette Commission sont MM. Coriolis, Poncelet, Dupin.

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. — *Seconde lettre de* M. GAUDIN, *sur les propriétés du cristal de roche fondu.*

« Pour répondre de mon mieux aux observations qui ont été faites dans

la dernière séance, à propos du cristal de roche fondu, je me suis livré à quelques recherches dont je viens communiquer les résultats.

» Le cristal de roche fondu, mis entre deux tourmalines, ne laisse apercevoir aucune trace d'anneaux colorés, et la plus grande obscurité semble se manifester lorsque les tourmalines sont en croix; cependant, cela ne m'a pas paru rigoureux, et, faute d'instruments convenables, je n'ai pu m'assurer s'il y avait ou non déplacement du plan primitif de polarisation. J'envoie, pour décider la question, deux pièces de même épaisseur tirées du même cristal et travaillées ensemble; la larme de cristal fondu contient plusieurs bulles d'air très visibles qui constatent son état.

» Je me suis livré, sur la trempe et le recuit du cristal de roche, à quelques essais qui m'ont donné les résultats les plus inattendus. Si l'on met des fils de cristal dans un tube en platine, soumis à un feu gradué que l'on porte au blanc et qu'on laisse ensuite tomber de lui-même, les fils, au sortir du tube, sont hérissés d'esquilles et presque complétement désagrégés. Si, au contraire, on plonge dans l'eau un fil de cristal de roche rouge-blanc; loin de se briser, il acquiert une cohésion et une élasticité extraordinaires, comme on en pourra juger par le petit crochet que je joins à ma Note. Si, d'un autre côté, l'on fait tomber dans l'eau une larme de cristal, au moment où par la fusion elle se détache d'elle-même, bien que son bruissement et son rapide pivotement décèlent chez elle un grand mouvement moléculaire intérieur; loin de se fendiller et de se briser, elle reste toujours limpide; et l'on en peut faire de bonnes lentilles de microscope : soumise au choc du marteau, elle se conduit tout autrement qu'une larme batavique : le marteau rebondit à plusieurs reprises, et la larme s'enfonce dans la brique plutôt que de se briser : sa ténacité est telle que presque toujours on n'en enlève que des éclats, comme le témoigne celle que je joins à ma lettre. Enfin, si le coup de marteau est assez fort, elle se brise en éclats qui brillent tellement, qu'à cette occasion, mon aide, Pierre Guérin, ne put s'empêcher de me dire vivement : est-ce que vous n'avez pas vu du feu? Cependant, nous opérions en plein jour et dans un lieu très éclairé. Ainsi, le cristal de roche trempé ressemble à l'acier pour son élasticité et sa ténacité, et si l'on n'en peut faire des fils de torsion ou des ressorts de précision, du moins pourra-t-on en faire une foule d'objets usuels, tels que des pinces pour les essais au chalumeau, des hameçons, etc., objets que je cite entre mille, uniquement pour peindre ma pensée.

» Comme il serait important d'étudier les sons produits par ces fils, et

leur propriété électrique qui paraît très énergique, j'en envoie quinze à vingt de calibres différents et de 3 ou 4 pieds de longueur.

» Les composés siliceux se conduisent à peu près comme le cristal de roche. Le grès ou pavé de Paris, se file exactement comme lui avec cette différence que ses fils au lieu d'être limpides, sont d'un blanc pur, nacré, soyeux et chatoyant très singulier; si bien qu'on les confondrait avec de la soie, et que les globules ont jusqu'à un certain point un aspect de perles fines; il n'est pas douteux qu'on réussira par ce moyen à produire des imitations qui l'emporteront sur les perles naturelles, puisqu'on aura la dureté du cristal de roche trempé en place de celle de composés calcaires.

» Enfin je ne doute plus aujourd'hui que la viscosité permanente de la silice ne résulte principalement de la constance de son degré de température produite par sa vaporisation continue, vaporisation que je constaterai bientôt par un autre procédé; c'est-à-dire en recueillant, sur une plaque de cristal de roche fondu, la poussière que charrie d'une manière si évidente la flamme du chalumeau et l'examinant au microscope. La vapeur de silice colore la flamme en jaune; celle de chaux ou de magnésie, en rouge orangé; et celle d'oxide de chrôme, en bleu pourpré. Avec un disque de cristal fondu j'espère recueillir bientôt tous ces corps cristallisés.

» *P.-S.* L'émeraude file parfaitement bien, et ses fils qui raient le cristal de roche sont plus tenaces que les fils de cristal. Il y a de ces fils avec ceux tirés du pavé. Pour extraire les fils du grand tube, il faudra les saisir tous ensemble, sans cela leur enlacement, par cause d'électricité, les ferait casser. »

PHYSIQUE. — En présentant à l'Académie un travail très intéressant de M. *Plateau*, sur l'irradiation, M. *Arago* a développé les considérations qui le porteraient à ne pas admettre l'explication physique que l'habile professeur de Gand a donnée de ses expériences. M. Arago est revenu aussi avec détail sur les observations qu'il fit, il y a vingt-cinq ans, pour reconnaître si les mesures des diamètres planétaires, prises avec sa lunette à double image, seraient affectées de quelque irradiation. Il a parlé encore de l'influence que les diaphragmes, placés devant l'objectif, sembleraient devoir exercer sur ce genre de mesures, puisqu'ils augmentent si notablement les diamètres des étoiles. M. Arago a annoncé la publication prochaine d'un Mémoire où il consignera minutieusement les résultats de recherches qui, par un côté, touchent à la physiologie, et, par l'autre, se rattachent à plusieurs des plus importantes questions des sciences astronomiques.

ART PHOTOGRAPHIQUE. — M. **Bonafous** a écrit de Turin à M. *Gasparin*, que les vieux catalogues de livres italiens citent un ouvrage qui, d'après son titre, pourrait bien être relatif à quelque procédé analogue à celui de M. *Daguerre;* ce titre, le voici : *Descrizione di un nuovo modo di trasportare qual si sia figura disegnata in carta, medianti i raggi solari; di Antonio Cellio; Roma,* 1686; in-4°, fig.

MÉTÉOROLOGIE. — M. le capitaine **Hossard** écrit à M. *Arago* qu'il a vu deux parhélies, près d'*Angers*, dans la soirée du 21 avril 1839. Le centre de chacun de ces faux soleils était à 23° 8′ du centre du soleil véritable. Le thermomètre marquait alors + 8°,4 centigrades. Il régnait un vent d'ouest faible; le ciel était couvert d'une couche de nuages très minces, à travers lesquels se dessinait très nettement le disque solaire.

NAVIGATION A LA VAPEUR. — On lit dans une lettre de *sir* **John Robison** à M. *Arago*, qu'un yacht de nouvelle construction vient de parcourir la distance de *Greenock* à *Liverpool*, avec une vitesse moyenne de $14\frac{7}{8}$ milles (près de 6 lieues de poste) à l'heure. Le temps était plutôt contraire que favorable.

PHYSIQUE CHIMIQUE. — M. **Coulier** annonce qu'il a reconnu que le nitrate d'argent coloré par l'action de la lumière possède la propriété de se décolorer à l'ombre, sous certaines conditions; et que cette décoloration a lieu dans des temps proportionnels à l'intensité de la coloration que la lumière lui a communiquée. M. Coulier pense que cette propriété peut servir à faire connaître les rapports des quantités de lumière émises par les corps célestes.

M. **Aroza**, qui avait annoncé dans la dernière séance qu'il avait découvert un moyen de préserver le bois de la carie sèche et de l'action des vers, fait savoir aujourd'hui que l'agent qu'il emploie à cet effet est le sublimé corrosif.

(Commissaires, MM. Robiquet, Pelouze.)

CHEMINS DE FER. — M. **Bonfil** annonce qu'il a assisté à Londres à une expérience du nouveau système pneumatique de M. Clegg. Il envoie le journal qui a rapporté la description de cette expérience.

M. **Gros** annonce que le paquet cacheté qu'il a adressé à l'Académie, et dont elle a accepté le dépôt dans sa séance du 25 mars dernier, ren-

ferme les principes d'une combinaison qui doit, dit-il, résoudre complétement le problème de la *substitution de la force dynamique de l'air à celle de la vapeur*. Du reste, M. Gros ne donne encore aucun détail sur son procédé.

M. **Robinet** adresse un Mémoire sur la filature de la soie, et demande que l'Académie veuille bien le soumettre à l'examen d'une Commission. Mais le Mémoire étant imprimé, la demande de l'auteur n'a pu être accueillie.

M. **Denis de Curis** annonce qu'au mois d'octobre dernier il a construit, en mortier béton et ciment calcaire de sa composition, une portion de chaussée, dans l'avenue Gabrielle, aux Champs-Élysées; il demande que l'Académie veuille bien nommer une Commission pour examiner ce travail.

(Commissaires, MM. Coriolis, Berthier.)

HYDRAULIQUE. — M. **Bonaud** demande des conseils relativement à la conduite des eaux dans la ville de Lyon.

(Commissaires, MM. Arago, Berthier, Dumas, Coriolis.)

MÉTÉOROLOGIE. — M. *Berthier* est prié de vouloir bien examiner la nature chimique de la poudre qui tombait en Afrique (province de *Constantine*), le 12 avril dernier, mêlée à une pluie légère. Cette poudre a été envoyée à M. *Arago* par M. *Rémond*, lieutenant du génie, qui l'avait recueillie lui-même à *Philippeville*, sur la plaque en marbre d'un cadran solaire horizontal.

Pendant que la *pluie de boue ou de sable* (comme l'appelaient les soldats), tombait, le vent soufflait du nord-nord-est. Du 5 au 10, on avait éprouvé, au contraire, un vent constant du désert (le vent *Siroco* d'après les marins de la Méditerranée, et le vent *Chili* suivant la dénomination arabe). Le 12, au lever du soleil, le ciel avait une teinte rouge très prononcée.

MÉTÉOROLOGIE. — M. *Fournet* adresse une *Note sur le développement des nuages parasites sur la montagne le Pilat.*

Ce que nous avons principalement remarqué dans la Note de M. *Fournet*, est, d'une part, que les nuages parasites du *Pilat* ne se redissolvent pas toujours, immédiatement après avoir été entraînés au-delà du lieu de

leur naissance; de l'autre, que la formation de ce genre de nuages est accompagnée d'un abaissement local et très considérable du baromètre.

HYDROGRAPHIE. — Les moyens que M. *Laignel* annonce avoir imaginés, pour s'assurer de l'existence des courants sous-marins, pour déterminer la profondeur de la mer, etc., seront examinés par les Commissaires déjà désignés à l'occasion d'une communication analogue du même mécanicien.

M. VORSSELMAN adresse quelques exemplaires d'une brochure sur la *Télégraphie électrique.*

ARTS INSALUBRES. — M. VALAT (de Montpellier) adresse une Note additionnelle au deuxième supplément envoyé avant le 1er janvier 1839, concernant l'*appareil de sauvetage* qu'il a inventé pour les ouvriers mineurs, blessés ou asphyxiés dans leurs travaux souterrains.

Cet appareil étant destiné au concours pour le prix relatif aux arts insalubres, la Note est renvoyée à la Commission nommée à cet effet.

GÉOGRAPHIE. — Une Note de M. *Gregory* apprend aujourd'hui à l'Académie qu'on vient de déterminer la différence de longitudes entre *Naples* et *Palerme*, par des observations simultanées d'étoiles filantes, et qu'un travail analogue allait être entrepris par MM. *Capocci* et *Vico*, pour fixer les positions relatives des Observatoires de *Naples* et de *Rome*.

MÉTÉOROLOGIE. — L'Académie reçoit, par l'intermédiaire de M. *Boudet*, le tableau des observations météorologiques faites au *Kaire*, par M. *Destouches*, pendant l'année 1838. M. *Arago* rendra compte de ce travail intéressant.

M. *Korylski* adresse diverses observations en réponse aux remarques critiques dont M. *Arago* avait fait suivre la présentation de son dernier travail.

La séance est levée à cinq heures. A.

Errata. (Séance du 29 avril.)

Page 670, ligne 9, $\int_{\tau_1}^{\tau_0}$, *lisez* $\int_{\tau_0}^{\tau_1}$

Ibid., 8 en remontant, $e^{\upsilon(\tau-\omega-t\rho)\sqrt{-1}}$, *lisez* $e^{\upsilon(\tau-\omega t-\rho)\sqrt{-1}}$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 17, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC *et* ARAGO; tome 70, janvier 1839, in-8°.

Annales des Sciences naturelles; tome 11, janvier 1839, in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. BAJOT *et* POIRRÉ; 24e année, avril 1839, in-8°.

Observations sur l'Anatomie du Muta; par M. CH. MORREN, Bruxelles; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; mai 1839, in-8°.

Administration des hôpitaux, hospices civils et secours de la ville de Paris; comptes des recettes et dépenses de l'exercice 1837; in-4°.

Extrait des séances de la Société royale d'Agriculture et de Commerce de Caen, depuis 1831 *jusqu'en* 1836; *par* M. LAIR; in-8°.

Mémoire sur la filature de la Soie; par M. ROBINET; in-8°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; par M. A. DEMIDOFF, 5e liv. in-8°.

Le Chasseur au chien d'arrêt; par M. BLAZE, 1 vol. in-8°.

Le Chasseur au chien courant; par le même; 2 vol. in-8°.

Le Chasseur aux filets, ou la Chasse des dames; par le même; in-8°.

Leçons d'Anatomie comparée de GEORGES CUVIER, *rédigées et publiées par* M. DUVERNOY; tome 6, in-8°, 2e édit.

Clegg's patent.... *Brevet d'invention de* M. CLEGG *pour un chemin de fer atmosphérique;* Londres, in-8°.

Astronomische nachrichten.... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 376, in-4°.

Bericht über... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication;* mars 1839, in-8°.

Breve istruzione........ *Courte instruction pour éviter le dommage qu'apporte la Muscardine aux vers à soie; par* M. A. BUSSI; Milan, 1839, in-8°.

Discorso sopra... *Discours sur un abaissement partiel dans la vallée supérieure du fleuve Tronto; par* M. A. CAPELLO; Aquila, 1838, in-8°.

Journal des Sciences physiques, chimiques et Arts agricoles et industriels de France; par M. JULIA DE FONTENELLE; mars 1839, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables aux Industriels, aux Manufacturiers, aux Commerçants et aux Gens du monde; par M. CHEVALIER; mai 1839, in-8°.

Journal de Chimie médicale; mai 1839, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; 6e année, mai 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 18, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 52—53, in-4°.

Gazette des Médecins praticiens; 1re année, n° 12.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 96.

Le Moniteur industriel; n° 296.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — AVRIL 1859.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. exter.	Hygrom.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. exter.	Hygrom.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. exter.	Hygrom.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	THERMOMÈTRE. Maxim.	Minim.	ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
1	744,74	+10,5		743,47	+16,6		744,12	+14,6		744,68	+ 9,8		+16,7	+ 5,7	Couvert	S. S. E.
2	748,57	+ 8,8		748,13	+12,1		748,20	+ 9,8		748.83	+ 8,8		+11,9	+ 5,4	Couvert	S. E.
3	750,54	+ 5,8		750,87	+ 5,6		750,83	+ 6,9		751,62	+ 6,0		+ 7,0	+ 5,2	Pluie	E. N. E.
4	754,88	+ 3,1		755,19	+ 4,4		755,69	+ 5,4		756,35	+ 3,5		+ 7,5	+ 2,0	Couvert	N. N. O.
5	751,79	+ 4,3		752,22	+ 5,5		752,19	+ 7,8		753,99	+ 4,2		+ 8,1	+ 1,1	Pluie	N.
6	757,68	+ 4,0		758,71	+ 5,0		759,37	+ 6,3		761,95	+ 4,3		+ 6,7	+ 1,3	Rares éclaircies	N.E.
7	765,47	+ 2,6		765,25	+ 4,6		764,51	+ 6,6		764,36	+ 5,2		+ 5,0	— 0,3	Beau	E. N. E.
8	762,14	+ 3,1		761,46	+ 4,2		761,28	+ 3,6		761,57	+ 1,7		+ 5,2	+ 0,3	Très nuageux	N. E.
9	762,30	+ 4,3		762,32	+ 4,8		762,38	+ 5,0		763,18	+ 3,6		+ 5,1	+ 0,4	Quelques flocons de neige.	E. N. E.
10	764,31	+ 5,6		763,98	+ 9,2		763,41	+11,9		764,37	+ 8,3		+12,6	+ 2,1	Beau	E.
11	765,46	+ 7,8		764,55	+11,4		763,17	+12,8		762,94	+ 8,4		+13,0	+ 2,3	Beau	N. N. E.
12	761,48	+ 4,5		760,41	+ 7,0		759,01	+ 8,3		759,56	+ 6,0		+ 8,3	+ 1,4	Couvert	N. N. O.
13	761,30	+ 5,4		761,10	+ 7,0		760,78	+ 7,4		761,97	+ 6,1		+ 7,7	+ 3,0	Couvert	N. N. E.
14	763,38	+ 7,1		762,91	+ 8,8		762,42	+ 9,8		762,70	+ 8.4		+ 9,9	+ 4,5	Couvert	N.N. O.
15	761,31	+10,0		759,76	+12,1		757,95	+12,3		756,51	+ 8,8		+13,3	+ 5,7	Beau	E.
16	752,40	+ 9,5		750,96	+16,6		749,27	+18,2		748,46	+10,9		+19,0	+ 2,8	Serein	S.
17	748,39	+11,0		748,86	+12,9		749,85	+13,7		749,87	+11,3		+14,1	+ 7,1	Très nuageux	O. S. O. fort.
18	753,25	+ 9,8		452,55	+11,8		752,71	+13,1		753,04	+11,9		+14,1	+ 5,1	Couvert	O. S. O.
19	752,66	+11,8		752,76	+14,1		753,18	+14,0		756,34	+ 9,5		+14,1	+ 9,1	Couvert	S. O. viol.
20	759,28	+10,1		759,11	+12,8		759,06	+13,5		762,36	+ 7,3		+14,3	+ 4,8	Quelques nuages	N. O.
21	764,07	+ 9,4		763,59	+12,0		763,16	+12,1		763,66	+ 6,5		+12,3	+ 4,0	Très nuageux	N. O.
22	764,53	+ 9,2		764,09	+12,5		763,26	+13,9		763,39	+10,4		+14,3	+ 3,0	Quelques nuages	N. O.
23	760,38	+14,2		759,09	+14,8		757,91	+13,5		756,74	+10,3		+15,3	+ 7,4	Couvert	O. S. O.
24	756,55	+ 8,1		756,16	+10,2		755,81	+10,7		757,03	+ 6,4		+11,7	+ 7,4	Nuageux	N. N. O.
25	756,20	+ 6,3		755,68	+ 7,3		754,97	+ 8,4		755,94	+ 5,9		+ 8,7	+ 3,1	Couvert	N. N.E.
26	758,09	+ 8,4		758,47	+10,0		758,54	+10,4		760,18	+ 6,5		+10,9	+ 4,7	Couvert	N. N. E.
27	761,25	+ 9,0		760,83	+10,6		760,39	+11,5		761,17	+ 9,5		+11,7	+ 4,3	Couvert	N.
28	761,64	+ 9,7		761,36	+11,4		760,62	+12,1		761,46	+ 9,2		+12,1	+ 3,2	Couvert	N. E.
29	760,14	+ 9,3		759,89	+10,5		759,41	+11,6		759,46	+11,7		+12,1	+ 7,7	Couvert	E.N. E.
30	758,88	+13,0		758,43	+16,3		757,28	+18,9		756,63	+16,2		+19,6	+10,2	Nuageux	E. N. E.
																Pluie en contin.,
1	756.24	+ 5,2		756,16	+ 7,2		756,20	+ 7,8		757,09	+ 5,5		+ 8,4	+ 2,3	Moyenne du 1er au 10	
2	757,89	+ 8,7		757,30	+11,4		756,74	+12,3		757,37	+ 8,9		+12,8	+ 4,6	Moyenne du 11 au 20	Cour. 2,612
3	760,17	+ 9,7		759,76	+11,6		759,14	+12,3		759,57	+ 9,3		+12,9	+ 5,5	Moyenne du 21 au 30	Terr.. 2,199
	758,10	+ 7,9		757,74	+10,1		757,34	+10,8		758,01	+ 7,9		+11,4	+ 4,1	Moyennes du mois.	+ 7,7

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MAI 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Suite du Mémoire sur les mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Addition aux §§ V *et* VI. — *Réduction des formules établies dans ces paragraphes.*

« Les formules établies dans les paragraphes précédents peuvent encore être simplifiées comme on va le voir:

» Puisque l'équation (23) du § V, résolue par rapport à s^2, donne pour racines

$$s'^2,\ s''^2,\ s'''^2,$$

il est clair que le produit

$$(s'^2 - s^2)(s''^2 - s^2)(s'''^2 - s^2),$$

dont le développement renferme le terme $-s^6$, sera équivalent au second membre de l'équation (24) du même paragraphe, ou, ce qui revient au même, à la différence entre le premier et le second membre de l'équation (16) du § III, multipliée par le produit des quatre dénominateurs

$$s^2 - \mathcal{L} + \frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}},\quad s^2 - \mathcal{M} + \frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}},\quad s^2 - \mathcal{N} + \frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}},\quad \mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R}.$$

On aura donc identiquement

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &(s'^2 - s^2)(s''^2 - s^2)(s'''^2 - s^2) \\ &= \left(s^2 - \mathcal{L} + \frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)\left(s^2 - \mathcal{M} + \frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)\left(s^2 - \mathcal{N} + \frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right) s, \end{aligned}\right.$$

la valeur de s étant

$$(2)\qquad s = \frac{\left(\frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)}{s^2 - \mathcal{L} + \frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}} + \frac{\left(\frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)}{s^2 - \mathcal{M} + \frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}} + \frac{\left(\frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)}{s^2 - \mathcal{N} + \frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}} - 1.$$

Si l'on fait, pour abréger,

$$(3)\qquad \mathcal{L} - \frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}} = \mathfrak{L},\quad \mathcal{M} - \frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}} = \mathfrak{M},\quad \mathcal{N} - \frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}} = \mathfrak{N},$$

les formules (1) et (2) deviendront

$$(4)\qquad (s'^2 - s^2)(s''^2 - s^2)(s'''^2 - s^2) = (s^2 - \mathfrak{L})(s^2 - \mathfrak{M})(s^2 - \mathfrak{N})\, s,$$

$$(5)\qquad s = \frac{\left(\frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}\right)}{s^2 - \mathfrak{L}} + \frac{\left(\frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}\right)}{s^2 - \mathfrak{M}} + \frac{\left(\frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}\right)}{s^2 - \mathfrak{N}} - 1;$$

puis, en remplaçant successivement s^2 par chacune des lettres

$$\mathfrak{L},\quad \mathfrak{M},\quad \mathfrak{N},$$

on tirera des formules (4) et (5), après avoir fait disparaître dans la formule (5) les dénominateurs,

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} &(s'^2 - \mathfrak{L})(s''^2 - \mathfrak{L})(s'''^2 - \mathfrak{L}) = \frac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}(\mathfrak{L} - \mathfrak{M})(\mathfrak{L} - \mathfrak{N}), \\ &(s'^2 - \mathfrak{M})(s''^2 - \mathfrak{M})(s'''^2 - \mathfrak{M}) = \frac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}(\mathfrak{M} - \mathfrak{N})(\mathfrak{M} - \mathfrak{L}), \\ &(s'^2 - \mathfrak{N})(s''^2 - \mathfrak{N})(s'''^2 - \mathfrak{N}) = \frac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}(\mathfrak{N} - \mathfrak{L})(\mathfrak{N} - \mathfrak{M}). \end{aligned}\right.$$

Cela posé, les formules (41) du § V deviendront

$$(7)\qquad \left\{\begin{aligned} \mathfrak{P} &= -\,\mathcal{Q}\mathcal{R}(\mathfrak{L} - \mathfrak{M})(\mathfrak{N} - \mathfrak{L}), \\ \mathfrak{Q} &= -\,\mathcal{R}\mathcal{P}(\mathfrak{M} - \mathfrak{N})(\mathfrak{L} - \mathfrak{M}), \\ \mathfrak{R} &= -\,\mathcal{P}\mathcal{Q}(\mathfrak{N} - \mathfrak{L})(\mathfrak{M} - \mathfrak{N}), \end{aligned}\right.$$

et, par suite, la formule (42) du même paragraphe, jointe aux équations (15), ou, ce qui revient au même, à la formule (15) du § III, donnera

(8) $$\frac{\mathrm{a}}{\mathrm{A}} = \frac{\mathrm{b}}{\mathrm{B}} = \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{C}} = \frac{1}{\mathrm{A}^2 + \mathrm{B}^2 + \mathrm{C}^2}.$$

Donc si l'on choisit

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

de manière à vérifier non-seulement la formule

(9) $$\frac{\mathrm{A}}{\left(\dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{s^2 - \mathcal{L} + \dfrac{\mathcal{Q}\mathcal{R}}{\mathcal{P}}}\right)} = \frac{\mathrm{B}}{\left(\dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{s^2 - \mathcal{M} + \dfrac{\mathcal{R}\mathcal{P}}{\mathcal{Q}}}\right)} = \frac{\mathrm{C}}{\left(\dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{s^2 - \mathcal{N} + \dfrac{\mathcal{P}\mathcal{Q}}{\mathcal{R}}}\right)},$$

mais encore la suivante

(10) $$\mathrm{A}^2 + \mathrm{B}^2 + \mathrm{C}^2 = 1,$$

on aura simplement

(11) $$\mathrm{a} = \mathrm{A},\quad \mathrm{b} = \mathrm{B},\quad \mathrm{c} = \mathrm{C}.$$

En conséquence, les équations (45) du § V pourront s'écrire comme il suit.

(12) $$\left\{\begin{aligned} \xi_{,} &= \tfrac{1}{2}\mathrm{A}\left(\mathfrak{v}e^{kv-st} + \int_0^t \varphi e^{kv-s\tau}d\tau\right),\\ \eta_{,} &= \tfrac{1}{2}\mathrm{B}\left(\mathfrak{v}e^{kv-st} + \int_0^t \varphi e^{kv-s\tau}d\tau\right),\\ \zeta_{,} &= \tfrac{1}{2}\mathrm{C}\left(\mathfrak{v}e^{kv-st} + \int_0^t \varphi e^{kv-s\tau}d\tau\right),\end{aligned}\right.$$

τ désignant une variable auxiliaire à l'égard de laquelle les intégrations s'effectuent entre les limites

$$\tau = 0,\quad \tau = t.$$

Au reste, on peut arriver directement aux équations (12) de la manière suivante.

» Soient

$$\mathrm{A}',\ \mathrm{B}',\ \mathrm{C}';\quad \mathrm{A}'',\ \mathrm{B}'',\ \mathrm{C}'',\quad \mathrm{A}''',\ \mathrm{B}''',\ \mathrm{C}''',$$

trois systèmes de valeurs de

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

correspondants aux trois valeurs de s^2 représentées par

$$s'^2,\ s''^2,\ s'''^2,$$

et choisis de manière à vérifier non-seulement la formule (9), mais encore l'équation (10). Si l'on nomme

$$\mathfrak{s}',\ \mathfrak{s}'',\ \mathfrak{s}''',$$

les valeurs correspondantes de υ, on aura

$$(13)\quad \begin{cases} \upsilon' = A'\xi + B'\eta + C'\zeta, \\ \upsilon'' = A''\xi + B''\eta + C''\zeta, \\ \upsilon''' = A'''\xi + B'''\eta + C'''\zeta. \end{cases}$$

D'autre part, si l'on combine entre elles par voie d'addition les formules (15) du § V, respectivement multipliées par

$$A',\ B',\ C',$$

on en tirera

$$(14)\quad \begin{cases} \mathcal{L}AA' + \mathcal{M}BB' + \mathcal{N}CC' + \mathcal{P}(BC' + B'C) + \mathcal{Q}(CA' + C'A) + \mathcal{R}(AB' + A'B) \\ \qquad = s^2(AA' + BB' + CC'). \end{cases}$$

Or, s^2 étant censé représenter, dans la formule (14), l'une quelconque des trois racines

$$s'^2,\ s''^2,\ s'''^2,$$

le premier membre de cette formule ne sera point altéré quand on changera s^2 en s'^2 et réciproquement. Donc le second membre devra remplir la même condition, et l'on aura

$$s^2(AA' + BB' + CC') = s'^2(AA' + BB' + CC'),$$

ou, ce qui revient au même,

$$(15)\qquad (s^2 - s'^2)(AA' + BB' + CC') = 0.$$

Si dans la formule (15) on pose $s = s'$, on obtiendra une équation identique; mais, si l'on prend

$$s = s'' \quad \text{ou} \quad s = s''',$$

et si d'ailleurs s''^2, s'''^2 diffèrent de s'^2, la formule (15) donnera successivement

$$A'A'' + B'B'' + C'C'' = 0,$$
$$A'A''' + B'B''' + C'C''' = 0.$$

On trouvera de même

$$A''A''' + B''B''' + C''C''' = 0;$$

et, en joignant les trois formules qui précèdent à celles que comprend l'équation (10), on aura définitivement

$$(16)\quad \begin{cases} A'^2 + B'^2 + C'^2 = 1,\ A''^2 + B''^2 + C''^2 = 1,\ A'''^2 + B'''^2 + C'''^2 = 1, \\ A''A''' + B''B''' + C''C''' = 0,\ A'''A' + B'''B' + C'''C' = 0,\ A'A'' + B'B'' + C'C'' = 0. \end{cases}$$

Or, il résulte de ces dernières qu'on vérifiera les formules (13) en posant

$$(17)\qquad \begin{cases} \xi = A'\mathrm{v}' + A''\mathrm{v}'' + A'''\mathrm{v}''', \\ \eta = B'\mathrm{v}' + B''\mathrm{v}'' + B'''\mathrm{v}''', \\ \zeta = C'\mathrm{v}' + C''\mathrm{v}'' + C'''\mathrm{v}'''. \end{cases}$$

Car, si l'on substitue les valeurs précédentes de ξ, η, ζ dans les seconds membres des formules (13), ils se réduiront identiquement à

$$\mathrm{v}',\ \mathrm{v}'',\ \mathrm{v}''',$$

en vertu des équations (16). Donc les formules (13) entraînent les formules (17) et réciproquement. Donc, les formules (17) devant être vérifiées par les valeurs de v, v', v'' tirées des formules (13), on aura encore

$$(18)\ \begin{cases} A'^2 + A''^2 + A'''^2 = 1,\ B'^2 + B''^2 + B'''^2 = 1,\ C'^2 + C''^2 + C'''^2 = 1, \\ B'C' + B''C'' + B'''C''' = 0, C'A' + C''A'' + C'''A''' = 0, A'B' + A''B'' + A'''B''' = 0; \end{cases}$$

et les formules (16) entraîneront toujours les formules (18). Pour arriver directement à cette conclusion, dans le cas où les systèmes de valeurs de A, B, C, propres à vérifier les formules (9) et (10) restent réels, il suffit d'observer qu'alors, en vertu des formules (16),

$$A',\ B',\ C',\ A'',\ B'',\ C'',\ A''',\ B''',\ C''',$$

représentent les cosinus des angles formés par un premier, un second, et un troisième axe, perpendiculaires l'un à l'autre, avec les axes rectangulaires des x, y, z, et qu'en conséquence

$$A',\ A'',\ A''',\ B',\ B'',\ B''',\ C',\ C'',\ C''',$$

représentent les cosinus des angles formés, 1° par l'axe des x; 2° par l'axe des y; 3° par l'axe des z, avec trois axes rectangulaires entre eux.

» Pour retrouver maintenant les équations (12), il ne restera plus qu'à substituer dans les formules (17) les valeurs de

$$\mathrm{v}',\ \mathrm{v}'',\ \mathrm{v}''',$$

que fournit l'équation (20) du § V, quand on pose successivement

$$s^2 = s'^2,\quad s^2 = s''^2,\quad s^2 = s'''^2.$$

Alors, en désignant toujours par

$$\xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

les parties de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

qui renferment l'exponentielle

$$e^{k\mathrm{v} - st},$$

dans laquelle s représente l'une quelconque des six constantes

$$s',\ -s',\ s'',\ -s'',\ s''',\ -s''',$$

on tirera évidemment des formules (17)

$$(19)\qquad \left\{\begin{aligned} \xi &= \xi_{s'} + \xi_{-s'} + \xi_{s''} + \xi_{-s''} + \xi_{s'''} + \xi_{-s'''},\\ \eta &= \eta_{s'} + \eta_{-s'} + \eta_{s''} + \eta_{-s''} + \eta_{s'''} + \eta_{-s'''},\\ \zeta &= \zeta_{s'} + \zeta_{-s'} + \zeta_{s''} + \zeta_{-s''} + \zeta_{s'''} + \zeta_{-s'''},\end{aligned}\right.$$

les valeurs de

$$\xi_s,\ \eta_s,\ \zeta_s,$$

étant, pour chaque valeur de s, déterminées par la formule

$$(20)\qquad \frac{\xi_s}{A} = \frac{\eta_s}{B} = \frac{\zeta_s}{C} = \tfrac{1}{2}\mathcal{V} e^{k\iota - st} + \tfrac{1}{2}\int_0^t \mathcal{V} e^{k\iota - s\tau}\,d\tau,$$

ou, ce qui revient au même, par les équations (12). Si d'ailleurs on a égard aux formules (19) du § V, on reconnaîtra que les équations (12) peuvent s'écrire comme il suit

$$(21)\qquad \left\{\begin{aligned} \xi_s &= \tfrac{1}{2}A(A\mathcal{A} + B\mathcal{B} + C\mathcal{C})\,e^{k\iota - st} + \int_0^t \tfrac{1}{2}A(A\mathcal{D} + B\mathcal{E} + C\mathcal{F})\,e^{k\iota - s\tau}\,d\tau,\\ \eta_s &= \tfrac{1}{2}B(A\mathcal{A} + B\mathcal{B} + C\mathcal{C})\,e^{k\iota - st} + \int_0^t \tfrac{1}{2}B(A\mathcal{D} + B\mathcal{E} + C\mathcal{F})\,e^{k\iota - s\tau}\,d\tau,\\ \zeta_s &= \tfrac{1}{2}C(A\mathcal{A} + B\mathcal{B} + C\mathcal{C})\,e^{k\iota - st} + \int_0^t \tfrac{1}{2}C(A\mathcal{D} + B\mathcal{E} + C\mathcal{F})\,e^{k\iota - s\tau}\,d\tau.\end{aligned}\right.$$

» Les équations (12) ou (21) supposent que les valeurs de A, B, C sont assujéties à vérifier simultanément les formules (9) et (10). Si elles étaient seulement assujéties à vérifier la formule (9), alors, dans les équations (45) du § V, on devrait attribuer aux constantes

$$\mathrm{a},\ \mathrm{b},\ \mathrm{c},$$

les valeurs que déterminent non plus les formules (11), mais la formule (8), c'est-à-dire que l'on devrait dans les équations (12) et (21) substituer aux constantes

$$A,\ B,\ C,$$

les rapports

$$\frac{A}{A^2+B^2+C^2},\quad \frac{B}{A^2+B^2+C^2},\quad \frac{C}{A^2+B^2+C^2}.$$

On aurait donc alors

$$
(22)\quad \begin{cases}
\xi_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{A}\,\dfrac{\mathrm{A}\mathcal{A}+\mathrm{B}\mathcal{B}+\mathrm{C}\mathcal{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{k\iota - st} + \displaystyle\int_0^t \frac{1}{2}\mathrm{A}\,\dfrac{\mathrm{A}\mathcal{D}+\mathrm{B}\mathcal{E}+\mathrm{C}\mathcal{F}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{k\iota - s\tau}\,d\tau, \\
\eta_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{B}\,\dfrac{\mathrm{A}\mathcal{A}+\mathrm{B}\mathcal{B}+\mathrm{C}\mathcal{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{k\iota - st} + \displaystyle\int_0^t \frac{1}{2}\mathrm{B}\,\dfrac{\mathrm{A}\mathcal{D}+\mathrm{B}\mathcal{E}+\mathrm{C}\mathcal{F}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{k\iota - s\tau}\,d\tau, \\
\zeta_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{C}\,\dfrac{\mathrm{A}\mathcal{A}+\mathrm{B}\mathcal{B}+\mathrm{C}\mathcal{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{k\iota - st} + \displaystyle\int_0^t \frac{1}{2}\mathrm{C}\,\dfrac{\mathrm{A}\mathcal{D}+\mathrm{B}\mathcal{E}+\mathrm{C}\mathcal{F}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{k\iota - s\tau}\,d\tau.
\end{cases}
$$

Enfin, si l'on suppose, comme ci-dessus,

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

déterminés par le système des formules (9) et (10), on pourra, dans les diverses équations que renferme le § VI, remplacer les coefficients

$$a,\ b,\ c,$$

par les coefficients

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

qui sont égaux aux trois premiers, en vertu des formules (11). Ainsi, par exemple, les équations (4) du § VI donneront

$$
(23)\quad \begin{cases}
\xi_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{A}\left[\mho e^{\mathrm{k}(\iota-\omega t)\sqrt{-1}} + \displaystyle\int_0^t \vartheta e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau\right], \\
\eta_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{B}\left[\mho e^{\mathrm{k}(\iota-\omega t)\sqrt{-1}} + \displaystyle\int_0^t \vartheta e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau\right], \\
\zeta_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{C}\left[\mho e^{\mathrm{k}(\iota-\omega t)\sqrt{-1}} + \displaystyle\int_0^t \vartheta e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau\right];
\end{cases}
$$

ou, ce qui revient au même

$$
(24)\quad \begin{cases}
\xi_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{A}(\mathrm{A}\mathcal{A}+\mathrm{B}\mathcal{B}+\mathrm{C}\mathcal{C})e^{\mathrm{k}(\iota-\omega t)\sqrt{-1}} + \displaystyle\int_0^t \frac{1}{2}\mathrm{A}(\mathrm{A}\mathcal{D}+\mathrm{B}\mathcal{E}+\mathrm{C}\mathcal{F})e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau, \\
\eta_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{B}(\mathrm{A}\mathcal{A}+\mathrm{B}\mathcal{B}+\mathrm{C}\mathcal{C})e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}} + \displaystyle\int_0^t \frac{1}{2}\mathrm{B}(\mathrm{A}\mathcal{D}+\mathrm{B}\mathcal{E}+\mathrm{C}\mathcal{F})e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau, \\
\zeta_{,} = \frac{1}{2}\mathrm{C}(\mathrm{A}\mathcal{A}+\mathrm{B}\mathcal{B}+\mathrm{C}\mathcal{C})e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}} + \displaystyle\int_0^t \frac{1}{2}\mathrm{C}(\mathrm{A}\mathcal{D}+\mathrm{B}\mathcal{E}+\mathrm{C}\mathcal{F})e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\,d\tau.
\end{cases}
$$

§ VII. *Intégrales générales des équations qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système homogène de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle.*

« Les formules (21), (22), (23) ou (24) des pages 724 et 725, représentent seulement des intégrales particulières des équations (7) du § IV, dans le cas où les sommes (4), (5) du § II offrent des valeurs constantes. Mais la méthode par laquelle nous sommes parvenus à ces intégrales particulières fournira encore les intégrales générales des mêmes équations dans le cas dont il s'agit, par conséquent, les intégrales générales d'un système homo-

gène de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle, si l'on commence par transformer les valeurs initiales de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \frac{d\xi}{dt},\ \frac{d\eta}{dt},\ \frac{d\zeta}{dt},$$

c'est-à-dire les fonctions

$$(1)\quad \varphi(x,y,z),\ \chi(x,y,z),\ \psi(x,y,z),\ \Phi(x,y,z),\ \mathrm{X}(x,y,z),\ \Psi(x,y,z),$$

en sommes de termes proportionnels à des exponentielles imaginaires. Or, cette transformation peut toujours s'opérer. Car, en vertu des formules connues, on aura par exemple

$$(2)\quad \varphi(x,y,z)=\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)]\sqrt{-1}}\,\varphi(\lambda,\mu,\nu)\frac{d\lambda\, d\mathrm{u}}{2\pi}\,\frac{d\mu\, d\mathrm{v}}{2\pi}\,\frac{d\nu\, d\mathrm{w}}{2\pi},$$

les intégrations était effectuées par rapport à chacune des variables auxiliaires

$$\lambda,\ \mu,\ \nu,\quad \mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w},$$

entre les limites

$$-\infty,\ +\infty;$$

et, comme, en posant pour abréger

$$(3)\qquad \mathrm{u}\sqrt{-1}=u,\ \mathrm{v}\sqrt{-1}=v;\ \mathrm{w}\sqrt{-1}=w,$$

on réduit la formule (2) à

$$(4)\quad \varphi(x,y,z)=\int\!\!\int\!\!\int e^{ux+vy+wz}\int\!\!\int\!\!\int e^{-u\lambda-v\mu-w\nu}\,\varphi(\lambda,\mu,\nu)\frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu}{(2\pi)^3}\,d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w},$$

il est clair que la fonction arbitraire

$$\varphi(x,y,z)$$

pourra être considérée comme résultant de l'addition d'une infinité de termes proportionnels à des exponentielles de la forme

$$e^{ux+vy+wz}.$$

Il y a plus : comme, en vertu des formules (3), on aura

$$ux+vy+wz=(\mathrm{u}x+\mathrm{v}y+\mathrm{w}z)\sqrt{-1},$$

si l'on pose, pour abréger,

$$(5)\qquad \mathrm{k}=\sqrt{\mathrm{u}^2+\mathrm{v}^2+\mathrm{w}^2}$$

et

$$(6)\qquad \mathrm{u}x+\mathrm{v}y+\mathrm{w}z=\mathrm{k}\iota,$$

la valeur numérique de ι exprimera la distance du point (x,y,z) au plan

que représente l'équation

$$(7) \qquad \mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z = 0$$

quand on regarde

$$\mathrm{u}, \mathrm{v}, \mathrm{w},$$

comme constantes, et l'on trouvera

$$(8) \qquad e^{ux+vy+wz} = e^{\mathrm{k}t\sqrt{-1}},$$

$$(9) \quad \varphi(x,y,z) = \iiint e^{\mathrm{k}t\sqrt{-1}} \iiint e^{-u\lambda - v\mu - w\nu} \varphi(\lambda,\mu,\nu) \frac{d\lambda d\mu d\nu}{(2\pi)^3} d\mathrm{u} d\mathrm{v} d\mathrm{w}.$$

Concevons d'ailleurs qu'en prenant pour

$$\mathcal{L}, \mathcal{M}, \mathcal{N}, \mathcal{P}, \mathcal{Q}, \mathcal{R},$$

des fonctions de u, v, w, déterminées par les formules (3), (4) du § III, on prenne pour s une racine de l'équation (12) du même paragraphe, c'est-à-dire de

$$(10) \qquad \mathrm{F}(u, v, w, s) = 0,$$

et que l'on détermine

$$\mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C},$$

en fonction de

$$u, v, w, s,$$

par les formules (9), (10) de la page 721. Enfin supposons, comme dans le § VI,

$$(11) \qquad k = \mathrm{k}\sqrt{-1}, \qquad (12) \qquad \omega = \frac{s}{k}.$$

Dans le cas où l'on supposera constantes les sommes (4) et (5) du § II, la valeur générale de chacun des déplacements moléculaires

$$\xi, \eta, \zeta,$$

se composera évidemment de six parties correspondantes aux six valeurs de s qui, vérifiant l'équation (10), peuvent être représentées par

$$s', -s', s'', -s'', s''', -s''';$$

et comme, en vertu de la formule (9), les fonctions (1), c'est-à-dire les seconds membres des formules (8), (9) du § IV, sont des sommes de termes semblables aux seconds membres des formules (2) du § VI, il suffira, pour obtenir les intégrales générales cherchées, 1° de remplacer dans les seconds membres des équations (24) de la page 725, les cons-

tantes arbitraires

(13) $$\mathcal{A},\ \mathcal{B},\ \mathcal{C},\ \mathcal{D},\ \mathcal{E},\ \mathcal{F},$$

par six intégrales définies relatives aux variables auxiliaires λ, μ, ν et semblables à celles que contient la formule (9), c'est-à-dire par l'intégrale

(14) $$\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-u\lambda-v\mu-w\nu}\,\varphi(\lambda,\ \mu,\ \nu)\frac{d\lambda d\mu d\nu}{(2\pi)^3},$$

et par celles qu'on en déduit en substituant l'une des lettres caractéristiques χ, ψ, Φ, X, Ψ à la lettre φ; 2° d'intégrer par rapport aux variables auxiliaires

$$\mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w},$$

et entre les limites

$$-\infty,\ \infty,$$

de ces variables, les seconds membres des équations obtenues, après les avoir multipliés par le produit

$$d\mathrm{u}d\mathrm{v}d\mathrm{w};$$

3° de calculer, à l'aide des équations nouvelles ainsi formées, les valeurs de

$$\xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

qui correspondront aux six valeurs de s, et de les substituer dans les formules (19) de la page 724. En opérant comme on vient de le dire, et posant pour abréger

(15) $$\left\{\begin{aligned} U &= A\varphi(\lambda,\ \mu,\ \nu) + B\chi(\lambda,\ \mu,\ \nu) + C\psi(\lambda,\ \mu,\ \nu),\\ V &= A\Phi(\lambda,\ \mu,\ \nu) + BX(\lambda,\ \mu,\ \nu) + C\Psi(\lambda,\ \mu,\ \nu),\end{aligned}\right.$$

on trouvera

(16) $$\left\{\begin{aligned} \xi_{,} = &\iiiint\!\!\iint \tfrac{1}{2}AUe^{\mathrm{k}(\iota-\omega t)\sqrt{-1}}\frac{d\lambda d\mu d\nu d\mathrm{u}d\mathrm{v}d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\\ &+\int_0^t\iiiint\!\!\iint \tfrac{1}{2}AVe^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}}\frac{d\lambda d\mu d\nu d\mathrm{u}d\mathrm{v}d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\,d\tau,\end{aligned}\right.$$

ou, ce qui revient au même,

(17) $$\left\{\begin{aligned} \xi_{,} = &\iiiint\!\!\iint \tfrac{1}{2}AUe^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\omega t]\sqrt{-1}}\frac{d\lambda d\mu d\nu d\mathrm{u}d\mathrm{v}d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\\ &+\int_0^t\iiiint\!\!\iint \tfrac{1}{2}AVe^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\omega\tau]\sqrt{-1}}\frac{d\lambda d\mu d\nu d\mathrm{u}d\mathrm{v}d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\,d\tau,\end{aligned}\right.$$

les intégrations relatives aux variables auxiliaires

$$\lambda,\ \mu,\ \nu,\ \mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w}$$

étant toutes effectuées entre les limites $-\infty$, $+\infty$; et, pour déduire de la formule (16) ou (17) la valeur de η_s ou de ζ_s, il suffira de remplacer dans le second membre le facteur A par le facteur B ou C. Si, dans les formules (16), (17), etc., on attribue successivement à s les six valeurs

$$s', \ -s', \ s'', \ -s'', \ s''', \ -s''',$$

les formules (19) de la page 724, savoir

$$(18)\quad \begin{cases} \xi = \xi_{s'} + \xi_{-s'} + \xi_{s''} + \xi_{-s''} + \xi_{s'''} + \xi_{-s'''}, \\ \eta = \eta_{s'} + \eta_{-s'} + \eta_{s''} + \eta_{-s''} + \eta_{s'''} + \eta_{-s'''}, \\ \zeta = \zeta_{s'} + \zeta_{-s'} + \zeta_{s''} + \zeta_{-s''} + \zeta_{s'''} + \zeta_{-s'''}, \end{cases}$$

représenteront précisément les intégrales générales des équations (7) du § IV, pourvu que le système de molécules données soit homogène, et qu'en conséquence les sommes (4), (5) du § II demeurent constantes, c'est-à-dire indépendantes des coordonnées x, y, z. Dans le cas où les facteurs

$$\mathrm{A}, \ \mathrm{B}, \ \mathrm{C},$$

déterminés par les formules (9) et (10) de la page 721, restent réels, ces intégrales générales ne diffèrent pas de celles que nous avons données dans le Mémoire sur la dispersion de la lumière, publié en 1830.

» Les formules (16), (17), etc. supposent que les facteurs

$$\mathrm{A}, \ \mathrm{B}, \ \mathrm{C}$$

sont déterminés par le système des formules (9), (10) de la page 721. Si l'on assujétissait les mêmes facteurs à vérifier seulement la formule (9) [page 721], on déduirait de raisonnements semblables à ceux que nous avons employés dans le paragraphe précédent, non plus la formule (16) ou (17), mais les suivantes

$$(19)\quad \begin{cases} \xi_s = \displaystyle\iiiint\!\!\iint \frac{\frac{1}{2}\mathrm{AU}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\, e^{\mathrm{k}(\iota-\omega t)\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3} \\ \quad + \displaystyle\int_0^t \iiiint\!\!\iint \frac{\frac{1}{2}\mathrm{AV}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\, e^{\mathrm{k}(\iota-\omega\tau)\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\, d\tau, \end{cases}$$

$$(20)\quad \begin{cases} \xi_s = \displaystyle\iiiint\!\!\iint \frac{\frac{1}{2}\mathrm{AU}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\, e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\omega t]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3} \\ \quad + \displaystyle\int_0^t \iiiint\!\!\iint \frac{\frac{1}{2}\mathrm{AV}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\, e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\omega\tau]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\, d\tau. \end{cases}$$

Dans les formules (19), (20), comme dans les formules (16), (17) et (2), les intégrations relatives aux variables auxiliaires

$$\lambda, \ \mu, \ \nu, \ \mathrm{u}, \ \mathrm{v}, \ \mathrm{w};$$

doivent généralement être effectuées entre les limites $-\infty$, $+\infty$. Toutefois, si les valeurs initiales de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \frac{d\xi}{dt},\ \frac{d\eta}{dt},\ \frac{d\zeta}{dt},$$

savoir

$$\varphi(x,y,z),\ \chi(x,y,z),\ \psi(x,y,z),\ \Phi(x,y,z),\ \mathrm{X}(x,y,z),\ \Psi(x,y,z),$$

ne différaient de zéro que pour des valeurs de

$$x,\ y,\ z,$$

correspondantes aux points situés dans un certain espace, par exemple, aux points renfermés entre deux surfaces courbes, deux surfaces cylindriques, et deux surfaces planes, représentées par des équations de la forme

(21) $z = F_0(x, y),\quad z = F_1(x, y),$
(22) $y = f_0(x),\quad y = f_1(x),$
(23) $x = x_0,\quad x = x_1,$

on pourrait, dans les formules dont il s'agit, en continuant de prendre $-\infty$, $+\infty$ pour limites des variables auxiliaires u, v, w, supposer les intégrations effectuées par rapport aux variables auxiliaires λ, μ, ν, entre les limites

(24) $\nu = F_0(\lambda, \mu),\quad \nu = F_1(\lambda, \mu),$
(25) $\mu = f_0(\lambda),\quad \mu = f_1(\lambda),$
(26) $\lambda = x_0,\quad \lambda = x_1.$

» On pourrait s'assurer directement que les valeurs de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

fournies par le système des équations (18) et des formules (16).... ou (17)...., remplissent toutes les conditions requises. En effet, pour y parvenir, il suffira d'observer, 1° qu'en vertu des formules (15) du § V, on satisfera, dans l'hypothèse admise, aux équations (17) du § IV, en y substituant à

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

les produits des facteurs

$$A,\ B,\ C,$$

par l'exponentielle imaginaire

$$e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\omega t]\sqrt{-1}},$$

ou par l'intégrale

$$\int_0^t e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\omega\tau]\sqrt{-1}}\,d\tau;$$

2° qu'en vertu des formules (18) de la page 723, les équations (16) et (18) donneront, pour $t = 0$,

$$\xi = \iiiiiint \varphi(\lambda, \mu, \nu)\, e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-\omega t]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda d\mu d\nu du dv dw}{(2\pi)^3},$$

$$\frac{d\xi}{dt} = \iiiiiint \Phi(\lambda, \mu, \nu)\, e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-\omega\tau]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda d\mu d\nu du dv dw}{(2\pi)^3},$$

ou, ce qui revient au même,

$$\xi = \varphi(x, y, z), \quad \frac{d\xi}{dt} = \Phi(x, y, z).$$

D'ailleurs les équations (16)...., (17)...., relatives au cas où les facteurs

$$A, B, C,$$

vérifient la formule

$$A^2 + B^2 + C^2 = 1,$$

entraîneront évidemment les équations (19)...., (20)...., relatives au cas où la même formule cesse d'être vérifiée, attendu que la formule (9) de la page 721, détermine seulement les rapports géométriques des trois facteurs

$$A, B, C,$$

et que l'on aura toujours identiquement

$$\frac{A^2}{A^2+B^2+C^2} + \frac{B^2}{A^2+B^2+C^2} + \frac{C^2}{A^2+B^2+C^2} = 1;$$

d'où il résulte qu'on ramènera le second cas au premier en divisant dans le second cas les facteurs

$$A, B, C,$$

par la racine carrée de la somme

$$A^2 + B^2 + C^2,$$

et les carrés ou produits

$$A^2, B^2, C^2, BC, CA, AB,$$

par conséquent aussi les produits

$$AU, AV, BU, BV, CU, CV,$$

par cette même somme.

» Observons encore que les intégrales générales fournies par le système des équations (18), et des formules (16).... ou (17)...., coïncident avec les valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta,$$

que l'on obtiendrait en appliquant aux équations (2) du § IV la méthode exposée dans le 19e cahier du *Journal de l'École Polytechnique.* »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la Théorie générale des équations différentielles linéaires à deux variables; par* M. G. LIBRI.

« Depuis l'invention des nouveaux calculs, les géomètres n'ont pas cessé de s'occuper des équations différentielles linéaires dont l'intégration, si on pouvait l'effectuer généralement, fournirait la solution des questions les plus importantes de la Mécanique et de la Physique mathématique. Toutefois, malgré de si persévérantes recherches, malgré la simplicité de la forme de ces équations, on n'a pu en obtenir l'intégrale que dans un petit nombre de cas dont la plupart sont très simples et très élémentaires. Si l'on fait abstraction d'une propriété évidente des intégrales particulières qui, prises ensemble ou séparément, satisfont toujours aux équations différentielles linéaires privées du second membre, comme cela arrive pour les solutions des équations linéaires à plusieurs inconnues, même lorsqu'elles sont algébriques, on ne connaissait jusqu'à ces dernières années qu'une seule propriété générale des équations dont il est question dans ce Mémoire. Cette propriété a été découverte par Lagrange, qui, dans un théorème célèbre qui porte son nom, a démontré qu'une équation différentielle linéaire étant donnée, on peut toujours en diminuer l'ordre d'autant d'unités que l'on connaît d'intégrales particulières du premier membre de cette équation égalé à zéro. Cependant, ce beau théorème, dont on a trouvé plusieurs démonstrations, est rarement applicable, car c'est d'ordinaire l'équation différentielle qui est donnée, et, sauf quelques cas particuliers, la recherche des solutions qui doivent servir à simplifier l'équation proposée n'offre pas moins de difficultés que l'intégration complète de cette équation. Le principal mérite de ce théorème consiste dans l'analogie qu'il établit entre les équations différentielles linéaires et les équations algébriques ordinaires dont on peut abaisser le degré d'autant d'unités que l'on connaît de racines. Je crois avoir été le premier à remarquer cette analogie et à en tirer parti. Dans un Mémoire que j'ai présenté en 1830 à l'Académie, j'ai prouvé que les divers coefficients d'une équation différentielle linéaire sont des fonctions symétriques des intégrales particulières, et que leur symétrie est d'un ordre plus général et plus étendu que celle des fonctions symétriques des racines des équations algébriques. J'ai tiré de cette proposition plusieurs théorèmes nouveaux sur la théorie générale des équations différentielles linéaires. Ces théorèmes de calcul intégral sont analogues à ceux que l'on doit à Newton pour les équations algébriques. On a remarqué depuis, que le procédé par lequel

j'avais abaissé d'une unité l'ordre de l'équation différentielle à l'aide d'une intégrale particulière, n'était pas nouveau (1); mais cette remarque n'a guère d'importance, car l'expression des coefficients de l'équation différentielle proposée en fonction symétrique des intégrales particulières s'obtient de même par d'autres méthodes de réduction. D'ailleurs, aucun des théorèmes que j'ai donnés en 1830 sur les fonctions symétriques des intégrales particulières des équations différentielles linéaires, n'était connu des géomètres. Ce sont ces propriétés nouvelles de ces fonctions si remarquables, que j'ai surtout voulu développer dans mon ancien Mémoire; la démonstration d'un théorème connu depuis si long-temps n'était qu'un accessoire tout-à-fait secondaire.

» Depuis la publication du travail où j'avais consigné ces résultats, la

---

(1) Voici en quels termes M. Liouville, professeur à l'École Polytechnique, a fait cette remarque dans le *Journal de Mathématiques* qu'il rédige (tome II, p. 246).

« M. Libri a présenté cette méthode comme nouvelle dans le Recueil de M. Crelle, et » même dans le présent Journal (tome I, p. 10). De plus, dans la 5e édition de » son excellent *Traité élémentaire du Calcul différentiel et du Calcul intégral*, un » auteur, dont personne ne respecte plus que moi les talents et le caractère, M. La- » croix, s'exprime ainsi : *M. Libri a repris d'une manière très élégante et très féconde* » *la théorie des équations différentielles linéaires*. Je me crois donc obligé d'avertir que » la méthode dont il est question appartient non pas à M. Libri, mais à un géomètre » français, à d'Alembert qui l'a donnée en 1764, dans une lettre écrite à Lagrange, et » imprimée tome III des *Miscellanea Taurinensia*, p. 381. J'ignore comment ce pas- » sage a pu échapper à M. Libri qui s'est occupé si long-temps de l'histoire des sciences » mathématiques. »

J'avouerai qu'il est parfaitement vrai que j'ignorais ce passage; mais je ferai remarquer que ni M. Lacroix, dont l'érudition est si vaste et si profonde, ni M. Liouville lui-même, lorsqu'il publiait ma Note, n'avaient aucune connaissance de ce fragment de d'Alembert : cela peut en quelque sorte servir d'excuse à mon ignorance. Quant aux éloges que je dois uniquement à la bienveillance dont m'honore M. Lacroix, je crois pouvoir affirmer que l'approbation que cet illustre géomètre a donnée à mon travail ne porte pas sur une nouvelle démonstration du théorème de Lagrange, puisque ce théorème avait été déjà démontré de plusieurs manières, mais sur les résultats nouveaux que j'en ai déduits; résultats que ni d'Alembert ni aucun autre géomètre n'avaient soupçonnés, et auxquels on peut arriver par la méthode de la variation des constantes arbitraires aussi bien que par l'artifice employé d'abord par d'Alembert, artifice qui était resté stérile entre ses mains. L'histoire de la science est si vaste qu'il est fort difficile de tout savoir : M. Liouville l'a prouvé lui-même à propos de certains théorèmes d'Abel dont il sera question dans la suite de ce Mémoire.

théorie générale des équations différentielles n'a fait aucun progrès (1). Le théorème de Lagrange, les rapports que j'ai découverts entre les coefficients de ces équations et les fonctions symétriques de leurs intégrales particulières, constituent, jusqu'à présent, l'ensemble de nos connaissances sur ce sujet.

» Cependant, je n'ai jamais cessé de m'occuper de ce genre de recherches dans l'espoir de parvenir enfin à donner une théorie complète des équations différentielles linéaires. En suivant toujours l'analogie qui m'avait réussi d'abord, je voulais trouver pour ces équations des simplifications analogues à celles que l'on sait effectuer pour les équations algébriques. Après bien des tentatives, souvent infructueuses, je suis parvenu aujourd'hui à démontrer que toutes les propriétés générales des équations algébriques, et des fonctions symétriques de leurs racines, correspondent à des propriétés analogues des équations différentielles linéaires, et que toutes les réductions que l'on peut opérer sur les unes pour en abaisser le degré, réussissent dans les autres pour en diminuer l'ordre et la difficulté; sauf cependant le cas où le succès de la réduction devait dépendre de la résolution d'une équation à deux termes : car les équations de ce genre, qui peuvent toujours se résoudre quand elles sont algébriques, présentent dans le calcul intégral de très grandes difficultés. Cependant, on pourrait diminuer beaucoup ces difficultés en considérant les équations différentielles linéaires à deux termes comme dépendant d'une classe particulière de transcendantes, à l'imitation de ce qui a été fait en algèbre pour les racines de l'unité.

» Il serait impossible d'énumérer ici tous les théorèmes qui se trouvent démontrés dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie : je me bornerai à citer celui qui sert de base à mes recherches, et dont voici l'énoncé.

» Une équation différentielle linéaire à deux variables de l'ordre n étant donnée, si l'on connaît les coefficients d'une autre équation différentielle de

---

(1) Si je ne cite pas ici plus particulièrement les recherches intéressantes de M. Sturm sur quelques propriétés spéciales des intégrales particulières des équations différentielles linéaires du second ordre, ce n'est pas que je n'en fasse le plus grand cas ; mais les conditions analytiques dans lesquelles l'auteur s'est placé ne me semblent pas de nature à faire considérer son travail comme un chapitre de la théorie générale des équations différentielles linéaires. S'il m'était permis de m'exprimer ainsi je dirais que les recherches de cet habile géomètre se rattachent plutôt à la *résolution numérique* de ces équations.

l'ordre m, également linéaire, entre les mêmes variables et qui doit exister en même temps que la première, on pourra toujours, à l'aide des coefficients de ces deux équations et sans effectuer aucune intégration, former une troisième équation linéaire de l'ordre $n-m$, de telle manière que l'équation de l'ordre n sera décomposée en deux autres qui seront respectivement de l'ordre m et de l'ordre $n-m$, et à l'aide desquelles on pourra intégrer l'équation proposée.

» On voit ici qu'il n'est plus nécessaire, comme dans le théorème de Lagrange, de connaître une ou plusieurs intégrales particulières de l'équation pour opérer une réduction : il suffit d'avoir deux équations simultanées, et l'équation de l'ordre le plus élevé se partagera immédiatement en deux autres équations plus simples. Cette réduction est surtout utile lorsqu'il s'agit de considérer les actions réciproques de deux corps échauffés, et dans une multitude de questions semblables. Elle répond, dans l'analyse algébrique, à la possibilité de partager une équation en deux autres, lorsqu'on sait qu'elle a pour facteur un polynome de forme donnée. Dans les deux cas on obtient les coefficients de la troisième équation en fonction des coefficients des deux équations simultanées. Il est essentiel de remarquer que pour déterminer cette troisième équation on ne devra employer que les $n-m$ premiers coefficients (1) des deux équations données. Il résulte de là une simplification très remarquable : en effet, si, dans les deux équations différentielles simultanées, ces $n-m$ premiers coefficients sont constants, la troisième équation aura aussi tous ses coefficients constants et pourra être immédiatement intégrée : ce qui réduira l'équation de l'ordre n à une équation de l'ordre m.

» Je passerai sous silence plusieurs autres réductions non moins utiles, et je me bornerai à signaler une formule par laquelle on peut toujours transformer une équation différentielle linéaire en une fonction de la variable et de toutes les intégrales particulières, qui y seront contenues symétriquement, de manière que les deux expressions soient identiques et que, si l'on égale la variable à une quelconque des intégrales particulières, la formule se réduise identiquement à zéro. C'est à l'aide de cette expression (qui correspond dans la théorie des équations algébriques à la décomposition d'un polynome quelconque en facteurs du premier

(1) Il est bien entendu qu'il s'agit ici d'équations dont le premier terme a pour coefficient l'unité ; ce qui, avec les autres, forme $n-m+1$ coefficients donnés.

degré), que je suis parvenu au théorème énoncé précédemment sur les équations simultanées.

» Il est évident que l'on pourra s'assurer aussi si une équation différentielle linéaire peut se décomposer en d'autres équations à coefficients rationnels d'un ordre quelconque. La même recherche pourrait s'effectuer si ces coefficients, au lieu d'être rationnels, devaient dépendre de l'intégration d'équations linéaires moins élevées que l'équation proposée et à coefficients rationnels. Enfin, je le répète, la théorie générale des équations différentielles linéaires se trouve, par mes recherches actuelles, aussi avancée que l'est depuis long-temps la théorie des équations algébriques.

» Après avoir exposé rapidement l'objet du Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie, il me reste à combler une lacune apparente relativement à l'exposé des travaux qui ont été faits, depuis Lagrange jusqu'à nos jours, sur la théorie générale des équations différentielles linéaires. En affirmant que cette théorie n'avait fait aucun progrès depuis le théorème de Lagrange, jusqu'aux conséquences que j'en ai tirées, je n'ai pas oublié que M. Liouville, professeur à l'École Polytechnique, s'est occupé à plusieurs reprises de questions analogues, et qu'il a annoncé posséder une méthode par laquelle il pourrait toujours décider si une équation différentielle linéaire du second ordre, privée du second terme, et dont les coefficients doivent satisfaire à certaines conditions, peut être intégrée à l'aide d'une fonction qui ne renferme qu'un nombre limité de fois les signes relatifs aux opérations algébriques, exponentielles et logarithmiques. Un tel résultat serait fort important s'il était réel; mais comme M. le professeur Liouville a suivi, dans ses nouvelles recherches, la même méthode et la même classification (1) qu'il avait déjà employées pour décider si une formule différentielle peut être intégrée à l'aide de fonctions logarithmiques et exponentielles, et que malheureusement les géomètres n'ont approuvé ni ces méthodes, ni ces classifications (2), il en résulte que les recherches analogues sur les équations différentielles se trouvent entachées du même défaut. Comme il s'agit ici du travail le plus considérable de ce savant professeur, qui l'a fait paraître plusieurs fois, et qui n'a pas cessé de le reprendre et de l'augmenter depuis, il est nécessaire d'entrer à ce sujet dans quelques développements.

---

(1) Voyez *Journal de Mathématiques*, publié par M. Liouville, tome II, p. 59.

(2) C'est ce qu'ont décidé les Commissaires chargés d'examiner le premier Mémoire de M. Liouville, dans le rapport qu'ils ont présenté à l'Académie, le 31 mars 1834.

» Il y a plus de six ans que M. Liouville a présenté à l'Académie deux Mémoires sur la détermination des intégrales dont la valeur est algébrique: dans ce travail, l'auteur s'appuyant sur des recherches d'Abel, qu'il dit n'avoir pas connues d'abord quoiqu'elles eussent paru plusieurs années auparavant dans le Journal de M. Crelle (1), a résolu une question qui, le théorème d'Abel étant donné, se réduit, en dernière analyse, à la recherche, toujours fort simple, des intégrales rationnelles des équations linéaires.

» Après ce premier travail, M. Liouville a voulu résoudre une question beaucoup plus importante: il a tenté de déterminer l'intégrale d'une fonction différentielle en supposant qu'elle puisse s'exprimer en fonction algébrique, exponentielle ou logarithmique de la variable, et il a donné des règles pour démontrer dans certains cas l'impossibilité d'exprimer l'intégrale en n'employant que ces mêmes fonctions. Ici M. Liouville n'a fait aussi que suivre les recherches d'Abel qui, en énonçant un théorème plus général que celui dont M. Liouville a fait la base de ses travaux (2), avait ajouté aussi des développements qui prouvent que sur cette matière il laissait peu de chose à faire à ses successeurs, et qu'il avait même introduit dans son analyse les fonctions elliptiques.

» Dans un Mémoire qu'il a présenté en 1833 à l'Académie, M. Liouville a fait connaître les fondements de sa méthode : elle s'appuie sur le théorème d'Abel, déjà cité, que l'auteur du Mémoire s'est efforcé de démontrer à l'aide d'une classification des transcendantes qu'il a partagées en autant de classes distinctes qu'elles contiennent de caractéristiques les unes sur les autres. C'est à cette classification que M. Liouville attribue tout le succès de sa méthode. Toutefois, dans le rapport que nous avons fait à

---

(1) *Journal de l'École Polytechnique,* XXIIe cahier, p. 151. — Ce fait, auquel on pourrait en ajouter plusieurs autres tirés également des Mémoires de M. Liouville, aurait pu, ce me semble, le porter à juger avec plus d'indulgence ce qui est relatif au fragment de d'Alembert, cité plus haut.

(2) A l'égard de ce théorème, M. Liouville se borne à dire ce qui suit : « Il est nécessaire d'avertir que l'on ne rencontre, en aucun endroit des ouvrages d'Abel, la démonstration du théorème que j'établis dans ce Mémoire, n° 4 et suivants; théorème sur lequel roulait, ce me semble, la difficulté principale de la question que j'ai résolue. » (*Journal de l'École Polytechnique,* XXIIIe cahier, p. 38.) — Pour plus d'exactitude il aurait fallu dire que le théorème dont il est question dans ce passage a été énoncé par Abel (*Journal de Mathématiques publié par M. Crelle,* tome VI, p. 77).

l'Académie, MM. Poisson, Lacroix et moi, sur le Mémoire de M. Liouville, nous avons dû remarquer que la classification proposée était inadmissible, et nous avons montré par des exemples très simples qu'en l'adoptant on tomberait nécessairement dans les plus étranges conséquences, puisque, dans ce cas, la première puissance d'une variable pourrait à volonté être regardée comme une quantité algébrique, ou comme une transcendante d'un ordre pair quelconque.

» Dans ce rapport, les Commissaires s'étaient efforcés d'entourer des formes les plus polies une remarque qui renversait toute l'analyse de M. Liouville; mais enfin la remarque avait été faite de la manière la plus explicite (1), et l'on devait espérer que l'auteur abandonnerait cette méthode erronée. Il n'en est pourtant pas ainsi; car tout en laissant subsister les objections contenues dans ce rapport, qui n'avait pas été publié, M. Liouville a imprimé son Mémoire, et il n'a cessé depuis de publier d'autres travaux sur la même matière, en s'appuyant toujours sur les mêmes bases, comme si ces bases n'avaient pas été renversées par le rapport fait à l'Académie.

» Ces explications étaient nécessaires pour faire comprendre pourquoi je n'avais pas dû mentionner les recherches de M. Liouville parmi celles qui ont pu contribuer aux progrès de la théorie générale des équations différentielles linéaires. Car, comme on l'a vu, ces recherches s'appuient encore sur la classification erronée dont on vient de parler.

» J'aurais désiré vivement ne pas me trouver dans la nécessité de publier ces remarques, mais l'insistance avec laquelle M. Liouville n'a cessé de critiquer mes travaux, soit dans des Notes adressées à l'Académie, soit dans des articles du Journal qu'il rédige, ne m'en a pas laissé la liberté. En effet, si j'avais négligé purement et simplement de mentionner ses recherches, M. Liouville n'aurait pas manqué, comme il l'a déjà fait (2), de m'accuser d'ignorance en ce qui touche l'histoire de la science. D'ailleurs je

---

(1) Voici les termes du rapport : « Il nous paraît difficile d'adopter cette classification; car, d'après la transformation qu'il (*M. Liouville*) a indiquée, une puissance quelconque de la variable pourrait être classée parmi les transcendantes de seconde espèce : ce qui n'est pas admissible. » — Les Commissaires avaient présenté beaucoup d'autres observations, en ajoutant ces mots : « Nous espérons qu'il (*M. Liouville*) voudra profiter (*de ces observations*) dans l'intérêt de la science. » — M. Liouville n'a pas cru devoir en profiter, et il a publié son Mémoire sans aucun changement.

(2) *Journal de l'École Polytechnique*, XXIII[e] cahier, p. 37.

dois avouer que je me suis plusieurs fois demandé vainement quel pouvait être le motif qui portait M. Liouville à s'occuper avec tant de persévérance, depuis plusieurs années, de mes faibles travaux, et à les critiquer exclusivement avec une telle sévérité. Mon étonnement devait redoubler en me rappelant une phrase qui se lit dans la préface du Journal de M. Liouville, et que ce savant professeur annonçait vouloir prendre pour règle invariable de conduite. Cette phrase est bonne à rappeler, la voici :

« Toutes ces critiques, dit un auteur célèbre, sont le partage de quatre » ou cinq petits auteurs infortunés qui n'ont jamais pu par eux-mêmes » exciter la curiosité du public. Ils attendent toujours l'occasion de quel- » que ouvrage qui réussisse pour l'attaquer, non point par jalousie, car » sur quel fondement seraient-ils jaloux ? mais dans l'espérance qu'on se » donnera la peine de leur répondre, et qu'on les tirera de l'oubli où leurs » propres ouvrages les auraient laissés toute leur vie (1). »

» Cette phrase, j'ai besoin de le répéter, se trouve en tête du Journal de M. Liouville. En la relisant j'ai cru qu'au lieu d'attribuer les critiques opiniâtres dont j'ai été l'objet à un motif quelconque d'animosité qui, j'aime à le croire, ne saurait être dans le caractère du savant journaliste, je ne devais y voir qu'un effet de l'intérêt particulier dont il semble m'honorer : intérêt qui seul a pu le porter à se départir des maximes qu'il avait annoncé vouloir suivre invariablement dans sa carrière scientifique. Dès lors, je me suis cru dans l'obligation de lui témoigner le même intérêt, et je regrette qu'il ait pu prendre mon silence prolongé pendant deux ans, pour une marque d'insouciance ou d'oubli. D'autres occupations m'ont empêché jusqu'à présent de me livrer à cet examen ; d'ailleurs, j'ai pensé que ces réflexions avaient trop peu d'importance en elles-mêmes pour paraître isolément, et j'ai voulu les rattacher à un travail analytique où elles devaient naturellement trouver leur place.

» Je n'ajouterai qu'un mot relativement à mon Mémoire sur la théorie de la chaleur que M. Liouville a censuré sévèrement dans une Note qu'il a présentée à l'Académie, et qu'il a fait paraître ensuite dans son Journal. A la fin (2) de cette Note, M. Liouville ajoute que, puisque je n'ai fait aucune réponse aux objections qui y sont contenues, la discussion se trouve jugée par cela même. D'abord, cette assertion est inexacte, car lorsque la Note de M. Liouville fut présentée à l'Académie, parmi d'autres

(1) *Journal de Mathématiques*, publié par M. Liouville, tome I, année 1836, p. 3.

(2) *Journal de Mathématiques*, publié par M. Liouville, tome III, p. 354.

observations (1), je rappelai que Fourier avait précisément approuvé le Mémoire que M. Liouville trouvait si mauvais (2); et ce jeune professeur a certainement trop de modestie pour ne pas accorder quelque confiance au témoignage de Fourier en fait de théorie de la chaleur. Mais, indépendamment de cela, je ne saurais admettre qu'un auteur s'avoue nécessairement vaincu parce qu'il n'aura pas répondu à toutes les critiques. Outre que ce principe n'est point d'accord avec les maximes que j'ai tirées plus haut du Journal de M. Liouville, il faut se convaincre qu'il y a des convenances et des sentiments qui ne permettent pas toujours de répondre à certaines attaques. Pour ma part, j'ajouterai que je ne me croirai jamais obligé d'interrompre mes travaux pour m'occuper des *auteurs infortunés* dont parle M. Liouville. Il s'est passé deux ans avant que j'aie trouvé l'occasion de répondre à ses premières attaques : il se passera peut-être plus de temps encore avant que je puisse répondre aux critiques relatives à mon travail sur la théorie de la chaleur. Depuis que M. Liouville a publié ses *Observations*, je les ai lues avec attention, et je dois dire que je n'y ai trouvé aucun fondement (3). Rien ne presse

---

(1) Voyez *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, séance du 19 février 1838.

(2) Voici comment s'exprime Fourier à propos de ce Mémoire :

« En rappelant ici ce genre de questions, on doit citer surtout un Mémoire que » M. Guillaume Libri a présenté à l'Institut de France, en 1825, et qui a été imprimé » depuis à Florence. L'auteur, qui a cultivé avec le plus grand succès les branches prin- » cipales de l'analyse mathématique, a traité la question du mouvement de la chaleur » dans l'armille, en ayant égard aux petites variations des coefficients : la méthode » qu'il a suivie, et les résultats auxquels il est parvenu, méritent toute l'attention des » géomètres. » (*Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut*, tome VIII, p. 621.)

M. Liouville dit, à son tour, en parlant du même Mémoire :

« J'ai reconnu que les formules données par M. Libri sont inexactes et que le prin- » cipe général sur lequel il s'appuie est inadmissible...... Cela tient à une nouvelle » faute qui s'est glissée dans son analyse..... Au reste, sans pousser plus loin une » discussion que la double erreur commise par M. Libri rendrait à la fin trop minu- » tieuse, je dirai qu'au premier coup d'œil jeté sur la formule on peut reconnaître » qu'elle est inexacte, etc., etc. » (*Journal de Mathématiques*, publié par M. Liouville, tome III, p. 351 et 353.) — Il y a cinq pages in-4° écrites sur ce ton-là.

(3) M. Liouville, dans sa critique, semble avoir oublié surtout deux choses : d'abord il ne s'est pas rappelé que l'*approximation* est un problème indéterminé, dans ce sens qu'on peut avoir une infinité de solutions diverses d'une question qu'on ne résout que par approximation. La variété des solutions tient à la fois à la diversité des méthodes que l'on emploie et au différent degré d'approximation auquel on veut parvenir. En-

donc, et je crois pouvoir continuer à me livrer à mes travaux habituels : la réponse arrivera toujours à temps. »

BOTANIQUE. — *Lettre de* M. DUTROCHET, *sur la chaleur développée par les fleurs.*

« Dans une dernière lettre j'ai exposé très sommairement les phénomènes de chaleur que présente la partie supérieure du spadice de *l'Arum maculatum*. Aujourd'hui j'expose, avec la même brièveté, ce que j'ai

---

suite M. Liouville a oublié aussi que la quantité par rapport à laquelle on ordonne l'équation du mouvement linéaire de la chaleur, où l'on a introduit la loi de MM. Dulong et Petit, est une quantité numérique qui peut se combiner d'une manière quelconque avec les autres constantes, et non pas une quantité variable par rapport aux puissances de laquelle il soit nécessaire d'ordonner rigoureusement l'équation. Je dois ajouter même que M. Liouville ne paraît pas avoir bien compris la signification de la loi de MM. Dulong et Petit, lorsqu'il dit : « Il *(l'état initial)* resterait encore le même si δ était nul et la loi de Newton rigoureuse. » (*Journal de Mathématiques*, publié par M. Liouville, tome III, p. 351.) Or, la loi du refroidissement dans le vide étant, suivant MM. Dulong et Petit, exprimée par la formule $c(e^{\delta v}-1)$, il est évident que si l'on fait $\delta = 0$, cette expression se réduira identiquement à zéro, et qu'au lieu d'avoir la loi de Newton, on obtiendrait alors une armille dans laquelle il n'y aurait aucun refroidissement à la surface. Pour avoir la loi de Newton il faut considérer la première puissance de δ, et c'est ce qu'on avait fait avant moi : dans mes recherches j'ai considéré le carré de δ. Ce qui semble avoir induit M. Liouville en erreur, c'est un passage de mon Mémoire où je dis : « Si dans la formule (11) on fait $\delta = 0$, on obtiendra l'expression » que M. Fourier a trouvée le premier en partant de l'hypothèse de Newton. » Mais M. Liouville aurait pu remarquer que dans cette formule (11) on a $b = c\delta$, et que par suite, faire $\delta = 0$ dans cette expression ne signifie autre chose que négliger le carré de δ. Si M. Liouville avait examiné mon ancien Mémoire aussi attentivement qu'il l'affirme (*Journal de Mathématiques*, publié par M. Liouville, tome III, p. 350), il aurait probablement saisi le véritable sens de la loi de MM. Dulong et Petit. Cette inadvertance est tout-à-fait capitale et détruit toute l'analyse du savant critique. J'ajouterai qu'en lisant *avec attention* mon Mémoire, M. Liouville se serait aperçu d'une faute assez singulière de rédaction qui se trouve à l'endroit où je partage l'équation en V_1 en deux équations en y et en Z_1. Cette erreur, qui, d'ailleurs, n'influe nullement sur les résultats, était bonne à signaler, et je suis étonné qu'elle ait échappé à sa critique. Au reste, il faut être indulgent envers M. Liouville, qui probablement est forcé d'écrire quelquefois à la hâte pour faire paraître son Journal. Je ferai cependant remarquer que la Note en question, qui porte des traces si évidentes de précipitation, n'a été publiée que dans le cahier de juillet 1838, bien qu'elle eût été présentée à l'Académie le 19 février précédent.

observé touchant la chaleur développée par les fleurs mâles et par les fleurs femelles qui occupent la partie inférieure du spadice.

» La chaleur de la partie supérieure du spadice arrive à son maximum lorsque l'épanouissement de la spathe est complet. A la même époque les fleurs mâles et les fleurs femelles arrivent aussi à leur maximum de chaleur dont le degré est moins élevé. La chaleur de la partie supérieure du spadice disparaît dans la nuit qui suit le jour de l'épanouissement de la spathe : la chaleur des fleurs mâles et des fleurs femelles persiste pendant la nuit, mais avec diminution notable; et le lendemain cette chaleur s'accroît de nouveau et s'élève plus haut que la veille; elle arrive à son maximum dans la matinée, et elle décroît ensuite peu à peu pour disparaître sans retour dans la nuit suivante. La chaleur va en diminuant de la partie supérieure du spadice vers la base, en sorte que le renflement en massue offre une chaleur plus élevée que celle des fleurs mâles, et que celles-ci offrent plus de chaleur que les fleurs femelles. Dans toutes ces parties on observe une diminution de chaleur pendant la nuit et un accroissement de chaleur pendant le jour. Ce *paroxisme diurne* a été observé également chez le *Colocasia odora* par M. Adolphe Brongniart, et ensuite par MM. van Beck et Bergsma. »

Noroy, 11 mai 1839.

MÉTÉOROLOGIE. — *Remarques sur le nombre de jours de pluie observés au Caire ; par* M. **Jomard**.

« L'Académie des Sciences ayant appelé l'attention des voyageurs sur la climatologie présente et antérieure des pays qu'ils ont parcourus, je crois devoir lui soumettre quelques remarques sur la question du climat du Caire, à propos de la communication qui lui a été adressée de cette même ville, dans la séance dernière, par M. *Destouches*.

» On sait que M. le duc de Raguse écrivit à l'Académie, en 1836, qu'il avait observé un changement complet dans le climat de l'Égypte, par suite des plantations récentes faites dans la vallée du Nil, ajoutant qu'il pleut aujourd'hui au Caire trente ou 40 jours dans l'année, tandis qu'au temps de l'expédition française il ne pleuvait jamais dans cette ville, et que même à Alexandrie il pleuvait très rarement et encore pendant des instants très courts (1). Aussitôt que j'eus connaissance de ces assertions, je les re-

(1) *Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences,* pour 1836, p. 214.

poussai comme contraires à l'observation et à des faits publiés depuis longtemps. Aujourd'hui les observations conformes de M. Destouches m'engagent à rappeler les remarques qui me furent suggérées alors par les suppositions de M. le duc de Raguse, et à y joindre quelques réflexions nouvelles.

» L'opinion vulgaire était que la pluie est presque inconnue au Caire et dans la haute Égypte; mais loin que cette erreur ait été partagée par l'expédition française, c'est dans l'ouvrage de la *Commission des Sciences* d'Égypte qu'on en trouvera la réfutation formelle, et la première qu'on en ait faite. Les faits assez nombreux qui y sont rapportés ne peuvent laisser aucun doute à quiconque aura lu les observations météorologiques insérées dans les volumes d'histoire naturelle (1) et les remarques sur le climat du Caire, insérées dans la description spéciale de cette ville [volumes relatifs à l'état actuel de l'Égypte (2)]. Il est étrange que M. le duc de Raguse, qui pouvait en avoir une connaissance précise, ait invoqué à l'appui de cette opinion erronée le témoignage de tous les individus encore vivants de l'armée d'Orient.

» En effet, il résulte des observations de cette espèce faites par le colonel Coutelle, et des observations un peu plus nombreuses que j'ai faites moi-même pendant les années VII, VIII et IX, que les jours de pluie ne sont point absolument rares au Caire. J'ai même observé une très forte pluie dans la haute Égypte, à Girgeh.

» Pendant six mois de l'an VII (du 18 novembre 1798 au 20 mai 1799), il a plu dix-sept jours, et pendant quatre mois de l'an VIII (du 28 octobre 1799 au 5 février 1800) il a plu dix jours: ces nombres sont à peu près dans la même proportion.

» Je suis loin d'affirmer d'ailleurs qu'il n'ait pas plu dans les autres mois de ces deux années : c'est seulement un *minimum* que je présente ici.

» De ces vingt-sept pluies, cinq ont été très copieuses; deux ont duré toute la journée, une est tombée le matin et le soir, une autre

---

(1) *Description de l'Égypte,* H. N., tome II, p. 321 et suiv.

On prétendait qu'il ne pleuvait presque pas en Égypte, et jamais dans la haute, et voilà en octobre une pluie abondante qui tombe *le même jour* au Caire et à Girgeh, à quatre degrés plus au sud ; et, ce qui est digne de remarque, c'est que les mois de pluie sont à peu près les mêmes qu'en France: de fortes pluies sont tombées pendant *pluviose* en Égypte comme en France.

(2) *Ibidem,* E. M., tome II *bis*, p. 765 et suiv.

M. Arago les a citées, du moins en partie, dans le *Compte rendu* des séances de 1836. Il a le mérite d'avoir deviné parfaitement juste, et d'avoir fait entrevoir la double erreur de M. le duc de Raguse.

a été abondante et prolongée; enfin, trois de ces pluies ont produit dans les rues du Caire une boue intolérable pour les piétons: on sait que les rues de cette ville ne sont ni pavées ni ferrées, et l'on conçoit la difficulté de marcher dans la terre détrempée, surtout pour des hommes chaussés de babouches.

» Le tableau ci-joint, extrait de mon journal de voyage, ne peut laisser aucune incertitude sur la réalité du phénomène, et l'on peut conclure que vers la fin du XVIIIe siècle, il pleuvait régulièrement au Caire au moins 15 à 16 jours par année.

» Les mois pluvieux (comptés dans quatre années consécutives), étaient au nombre de huit :

en octobre il a plu	....	1 fois,
en novembre	(moyenne de 2 années)......	3 *id.*,
en décembre	*idem*	1,5 *id.*,
en janvier	*idem*	3,5 *id.*,
en février	....	1 *id.*,
en mars	....	1 *id.*,
en avril	....	5 *id.*,
en mai	....	4 *id.*

» Il m'est donc impossible, malgré l'appel qui m'est adressé, comme à tous les membres de l'expédition, d'apporter mon témoignage en faveur de l'assertion de M. le duc de Raguse. Il me paraît évident que préoccupé de ses anciennes lectures, il a jugé superflu d'observer par lui-même. Il n'en est pas de même de ses remarques sur la culture de la vigne en Égypte; elles sont parfaitement justes, et je ne puis qu'y souscrire, ayant observé moi-même de grands vignobles dans le Fayoum, et ayant vu faire du vin passable à Fidimin. C'est un hommage dû à l'auteur du *Voyage en Hongrie, en Palestine, en Syrie et en Égypte,* livre ou il s'est montré si souvent bon observateur et plein de sagacité.

» Aujourd'hui, M. le docteur Destouches vient apporter dans cette question climatologique, un résultat parfaitement conforme aux observations faites à la fin du siècle dernier, et de plus il donne la mesure de la quantité de la pluie, chose que nous n'avions pu faire; le nombre des jours de pluie qu'il a observés est de 12 à 13 dans une année.

» On voit qu'aucun changement sensible n'est survenu dans le climat du Caire, à moins qu'on n'admette une diminution au lieu d'un accroissement.

» On s'est donc beaucoup trop hâté d'attribuer une révolution atmosphérique aux jeunes plants confiés à la terre par le vice-roi d'Égypte. Il est réel que dès avant 1837, et seulement dans les derniers temps, il avait fait

planter plus de *seize millions* de pieds d'arbres : je le tiens de témoins sûrs et de source authentique ; mais ces arbres sont d'espèce très différente, et quelle que soit la fécondité du sol, il faudra encore bien des années pour qu'ils exercent une action sur l'atmosphère.

» Ainsi, les voyageurs qui nous ont précédés n'avaient pas observé avec attention le climat d'Égypte, puisque leurs relations avaient donné lieu de penser qu'il n'y tombait pas de pluie : il faut en excepter Pococke, Niebuhr et quelques autres.

» En second lieu, des voyageurs récents avaient accepté cette erreur, au lieu de vérifier le fait par eux-mêmes.

» En troisième lieu, les observations authentiques faites pendant trois années par la Commission française en Égypte, bien qu'imprimées et publiées depuis plus de vingt ans, étaient considérées, pour ainsi dire, comme non avenues puisqu'on lui attribuait une erreur qu'elle avait, au contraire, combattue et détruite.

» Quatrièmement, il s'est trouvé des personnes judicieuses et instruites qui sont allées jusqu'à croire à une sorte de miracle, à la création subite de la pluie en Égypte, tandis qu'il est certain que la quantité de pluie annuelle n'a nullement augmenté.

» Enfin, l'on s'imaginait que les montagnes stériles et désertes qui bordent la vallée du Nil, élevées de 3, 4 et 500 pieds au-dessus du fleuve, ont jadis été plantées et couvertes de végétation, tandis qu'il est incontestable que jamais les rochers nus et souvent à pic, qui constituent ces deux chaînes parallèles, n'ont porté aucun arbre, sur leur sommet ni sur leurs flancs; comment donc a-t-on pu admettre un fait aussi extraordinaire que la disparition de ces prétendus arbres, ombrageant les sommités, et des pâturages qui les recouvraient jadis ? Et qui aurait détruit ces forêts? Comment aucun voyageur, aucun consul d'Europe, n'aurait-il eu connaissance, ni de leur existence, ni de leur destruction?

» Il a existé et il existe même encore des pâturages sur la lisière du désert; il y a aussi, çà et là, des *buissons* de mimosas, restes des bois d'acanthes qui arrêtaient jadis l'invasion des sables. J'en ai vu surtout du côté lybique; mais les uns et les autres sont élevés très peu au-dessus du niveau de l'inondation, de quelques pieds seulement, et leur nombre a toujours été en diminuant: c'est là sans doute ce que les gens de Gournah et de Kéné ont voulu dire au personnage distingué qui les interrogeait. Mais qu'y a-t-il de commun entre ces prés, qui sont presque au niveau du Nil, et les rochers arides situés à 400 pieds plus haut,

entre des épines qui atteignent deux ou trois mètres de haut, et des forêts d'arbres qui auraient été assez élevés pour exercer sur les nuages une attraction sensible?

» De tout temps, l'Égypte a été pauvre en bois; elle les tirait du dehors comme le fer; c'est ce qu'elle fait encore.

» Ce n'est pas à dire pour cela qu'elle ait été privée de la pluie dans les temps primitifs, pas plus qu'aujourd'hui; il y a toujours plu, peut-être autrefois un peu plus qu'aujourd'hui; et, de nos jours, bien plus qu'on ne croyait : ce que je nie, c'est qu'il y ait eu deux changements en sens inverse depuis quatre-vingts ans.

» Je ne conteste pas l'action que peuvent avoir à la longue des plantations considérables; mais je soutiens que celles qu'on a depuis peu effectuées en Égypte sont loin encore de pouvoir produire cet effet.

» Parmi les observations que j'ai cru pouvoir citer, j'en rappellerai une seule qui paraît avoir échappé aux autres voyageurs. Sur un assez grand nombre de points, le *Djebel Mokattam*, autrement la chaîne arabique, est coupé par des vallons, descendant vers le Nil; si l'on voyage sur cette ligne, l'on est arrêté par des ravines multipliées, et si nombreuses qu'on est obligé à tout instant de retenir son cheval; ou bien, si l'on chemine à pied, de faire grande attention à sa marche. Ces ravines semblent fraîches; évidemment elles ont été sillonnées par les eaux pluviales, et ces pluies ont leur source dans les nuages que les vents d'est y transportent de la mer Rouge. De pareilles ravines, mais plus rares, se trouvent sur le penchant de la chaîne lybique, à la lisière du désert (1). J'ai été à portée de faire fréquemment cette observation, dans le cours de mes opérations topographiques.

» La conclusion à tirer de ce qui précède est : 1° que l'erreur commune sur l'absence des pluies en Égypte, n'a pas été partagée par les observateurs attentifs, et qu'elle ne peut plus être soutenue;

» 2°. Qu'il pleut aujourd'hui dans la même mesure qu'il y a quarante ans, et probablement, comme depuis plusieurs siècles;

» 3°. Que les nouvelles plantations faites en Égypte sont encore sans influence sur la quantité annuelle de la pluie.

» Je ferai suivre ces observations, d'autres remarques sur la température du Caire; on sait que la moyenne annuelle a été fixée par M. de

(1) Voyez la *Description du Caire*, in-fol., p. 190, et *Description de l'Égypte*, Extrait, t. II, p. 768.

Humboldt, dans son grand travail sur les lignes isothermes, à 22°,4 centigrades, d'après les observations de la Commission des sciences d'Égypte. (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, tome III.)

TABLEAU *des jours de pluie observés au Caire et dans la haute Égypte.* (Extrait de mon *Journal de voyage* et des *observations du capitaine Coutelle.*)

AN VII.	1798.	
28 brumaire.	18 novembre.	Pluie et tonnerre.
11 nivose.	31 décembre.	Pluie fine.
	1799.	
12 nivose.	1er janvier.	Pluie fine.
13	2	*Idem.*
14	31	Pluie le matin.
15	4	Averse ou très forte pluie, du matin au soir; les rues sont pleines de boue (1).
*22	11	Petite pluie.
*28	17	Petite pluie le soir.
*12 germinal.	1er avril.	Petite pluie.
*16	5	Pluie le matin.
*18	7	Pluie jusqu'à midi.
*19	8	Pluie dans la nuit.
11 floréal.	30	Pluie. (Époque du khamsyn ou vent du sud.)
12	1er mai.	*Idem.*
13	2	*Idem.*
*14	3	Pluie assez forte.
1er prairial.	20	Il pleut à grosses gouttes pendant 8 à 10 minutes. (Point d'observations le reste de l'année).
AN VIII.		
29 vendémiaire.	21 octobre.	Pluie toute la journée (2).
17 brumaire.	8 novembre.	Pluie avant le lever du soleil.
23	14	Pluie abondante et prolongée; les rues sont pleines de boue.
24	15	Pluie le matin et le soir.
25	16	Pluie le matin.
26	17	*Idem.*
* 9 nivose.	30 décembre.	Gouttes d'eau le soir.
*10	31	*Idem. Idem.*
	1800.	
8 pluviose.	28 janvier.	Pluie très forte de $\frac{3}{4}$ d'heure, à la suite d'un vent du sud (les rues sont boueuses).
16	5 février.	Pluie le soir à Boulâq. (Point d'observations le reste de l'année.)
AN IX.	1801.	
2 germinal.	23 mars.	Petite pluie de khamsyn.

(1) Cette averse et les autres démentent assez les auteurs qui refusent la pluie à l'Égypte.

(2) A Girgéh, *le même jour*, violent orage accompagné de pluie.

Nota. On remarque souvent dans la haute Égypte, avec un ciel chargé de nuages et sous les pronostics d'un orage violent, qu'il ne vient ni pluie, ni tonnerre, ni éclairs.

* Observations du colonel Coutelle.

RAPPORTS.

Rapport sur des expériences de M. **Letourneur**, capitaine de vaisseau, *pour déterminer la direction grand largue, de plus grande vitesse des bâtiments à trois mâts.*

(Commissaires, MM. de Freycinet, Poncelet, Ch. Dupin rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. de Freycinet, Poncelet et moi, d'examiner un Mémoire relatif à la manœuvre des vaisseaux, par M. Letourneur, capitaine de vaisseau.

» M. Letourneur est au rang des officiers qui, non contents de satisfaire à tous les devoirs obligés de leur savante et périlleuse carrière, s'efforcent d'agrandir le champ des connaissances nautiques, par des expériences nombreuses d'où peuvent jaillir les plus heureux résultats.

» Dans les recherches qu'il soumet actuellement à l'Académie, il rend compte des observations qu'il a faites sur les vitesses comparées d'un bâtiment à trois mâts, qui navigue vent arrière ou vent largue, c'est-à-dire en suivant la direction même du vent ou celle d'une ligne dont le prolongement fait un angle obtus avec cette direction.

» La carène des vaisseaux, par la combinaison de ses dimensions principales et par l'appropriation des formes de ses lignes d'eau, est configurée de manière à procurer la moindre résistance, et pour une même force motrice la vitesse maximum, dans le sens longitudinal de la quille ou du grand axe du navire.

» Si le navire avait seulement une voile verticale qu'on pût considérer comme un plan parfait, lequel plan restât toujours perpendiculaire à l'axe longitudinal du navire, la force du vent agissant perpendiculairement sur la voile; alors il serait très facile de démontrer que la plus grande force motrice appliquée et par conséquent la plus grande vitesse transmise aurait lieu lorsque le navire avancerait droit vent arrière.

» Si l'on suppose maintenant que les voiles, au lieu d'être établies dans un seul plan vertical, soient établies dans plusieurs plans mobiles autour d'axes particuliers, le problème change de face, et peut recevoir des solutions très différentes.

» Prenons sur-le-champ le cas d'un navire à trois mâts verticaux qui, de l'arrière à l'avant, sont placés ainsi : l'artimon, le grand mât et le mât de misaine.

» Dans la marche directe, vent arrière, les voiles d'artimon masquent en partie les voiles du grand mât, et ces dernières masquent en totalité les voiles du mât de misaine.

» Par conséquent, alors, il s'en faut de beaucoup que le navire reçoive la totalité des forces impulsives dont il serait animé si l'action du vent arrivait sans obstacles sur chacune de ces voiles verticales.

» Supposons, maintenant, que le navire prenne une direction qui fasse avec le vent un angle successivement égal à 180°, moins un degré, moins deux degrés, moins trois degrés, etc.

» L'on ne tardera pas d'arriver à la direction où les voiles de misaine commencent à démasquer, puis à la direction où les voiles du grand mât ne sont plus masquées par la totalité des voiles verticales d'artimon.

» A mesure que l'angle des deux directions du vent et du navire sera moins obtus, il y aura moins de voiles masquées les unes par les autres; par conséquent, si leur orientation reste la même, elles recevront une force motrice de plus en plus grande par l'action du vent.

» Voilà donc ici deux effets contraires.

» 1°. Par l'obliquité de la route, l'action du vent sur chaque voile a moins d'efficacité pour faire avancer le navire;

» 2°. Par le démasqué progressif des diverses voiles les forces motrices se multiplient.

» Dans les bâtiments de guerre, tels que la frégate du premier rang, *la Terpsichore*, que commandait M. Letourneur lorsqu'il a fait ses expériences, il faut orienter le bâtiment de manière à ce que sa quille fasse avec la direction du vent un angle supérieur à 45°, pour que toutes les voiles attachées aux vergues démasquent, surtout lorsqu'on ne les tient pas perpendiculaires à la direction du vent.

» Expliquons, maintenant, de quelle manière le commandant de *la Terpsichore* a procédé dans ses expériences.

» Il est extrêmement difficile de mesurer avec précision la vitesse du sillage en jetant le loch; très peu de timoniers atteignent la perfection dans l'usage de cet instrument qui, par conséquent, offre toujours une occasion d'erreurs.

» Afin d'atténuer les erreurs de ce genre, pour chaque expérience, M. Letourneur a fait jeter le loch, successivement et presque sans intervalle, par trois timoniers habiles : tant que les différences de sillage ainsi mesurées n'ont pas été trop considérables, il a tenu pour bonnes les opérations, et pris pour vitesse moyenne le tiers des trois sillages mesurés.

» Nous allons donner l'idée du degré de précision qu'on peut espérer par cet emploi simultané de trois bons jeteurs de loch.

» Dans la première expérience, faite à bord de *la Terpsichore,* le 1[er] mars 1836, droit vent arrière, toutes voiles et bonnettes dehors, on a trouvé :

	Heures des observations de loch.		Vitesses observées.
1[er] observateur.....	10[h] 22′	....	6[nœuds],1
2[e] *idem*.......	10.23′	....	5 ,8
3[e] *idem*........	10.27′	....	6 ,2

» Voilà trois observations dont la plus forte diffère de la plus faible, de 0[n],4, et le rapport de cette différence avec la moindre vitesse observée $=\frac{0,4}{5,8}=0,0691$.

» Si nous prenons la moyenne des trois vitesses observées, nous avons $\frac{18^{n},1}{3}=6^{n},0333\ldots$

» La plus grande différence de cette moyenne avec les observations des timoniers $=0^{n},233\frac{1}{3}$.

» Rapport de cette plus grande différence à la vitesse moyenne observée, 0,03869.

» Ainsi, par la combinaison de trois observateurs, on peut se regarder comme certain d'obtenir une vitesse moyenne qui ne diffère pas, ici, de 4 centièmes de la moindre vitesse observée.

» Ce premier exemple suffit pour nous donner une idée du degré d'approximation auquel on a pu parvenir dans les expériences que nous allons successivement passer en revue.

Seconde expérience.

» La frégate continue de naviguer droit vent arrière, mais les bonnettes sont supprimées.

Jeteurs de loch.		Moment du top.		Vitesses observées.
1[er]	.....	10[h] 31′	.....	5[nds],5
2[e]	.....	10.32′	.....	5 ,8
3[e]	.....	10.35′	.....	5 ,9
				17 ,2

» Moyenne des trois vitesses observées, 5 nœuds, $733\frac{1}{3}$.

» Plus grande différence des trois vitesses observées, divisée par la vitesse moyenne, 0,0424.

Troisième expérience.

»Le loch est jeté de $11^h\ 1'$ à $11^h\ 3'$, les bonnettes remises et la frégate continuant de naviguer droit vent arrière.

Jeteurs de loch.	Moment du top.	Vitesses observées.
1er	$11^h\ 1'$	$7^{nds},0$
2e	$11.2'$	7 ,1
3e	$11.3'$	6 ,7
		20 ,8

»Moyenne des trois vitesses observées, 6 nœuds, 933 $\frac{1}{3}$.

»Plus grande différence des trois vitesses observées, divisée par la vitesse moyenne, 0,03474.

»Il est extrêmement regrettable que, de la première expérience à la troisième, le vent ait très sensiblement augmenté, au point de produire un accroissement de sillage égal à $0^n,15$, la voilure étant la même dans les deux expériences.

»Cette variation de vent entre la première et la troisième expérience, doit avoir influé sur la seconde, en donnant une vitesse nécessairement un peu plus forte pour celle-ci, comparativement à la première. Voici, du reste, le parallèle des vitesses dans ces deux expériences.

Première comparaison des vitesses vent arrière.

1re Expérience avec bonnettes	$6^{nds},033\frac{1}{3}$	= log	0,780557
2e Expérience sans bonnettes	5 ,733 $\frac{1}{3}$	=	0,758397
Accroissement des vitesses par l'addition des bonnettes	1 ,05235		0,022160

» Cet accroissement aurait été plus sensible si le vent fût resté constant.

Deuxième comparaison des vitesses vent arrière.

Troisième et deuxième expérience.

3e Expérience avec bonnettes	$6^{nds},933\frac{1}{3}$	= log	0,840 921
2e Expérience sans bonnettes	5 ,733 $\frac{1}{3}$	=	0,758 397
Accroissement des vitesses par l'addition des bonnettes	1 ,2099		0,082 524

» Ici l'accroissement, presque égal à 21 centièmes par l'addition des bonnettes, est trop fort à cause de la variation du vent.

» Si l'on prend la moyenne entre les deux résultats, on a

	Augmentation de vitesse par l'addition des bonnettes.
1re et 2e expérience comparées..........	0,05235
3e et 2e expérience comparées..........	0,2069
	0,26225
Demi-somme..........	0,131125

» Cette moyenne diffère trop des deux valeurs particulières desquelles on l'a déduite, pour offrir un grand degré de probabilité : c'est une recherche à faire de nouveau.

Quatrième expérience.

» Dans la quatrième expérience, commencée 19 minutes après la troisième, on trouve les résultats suivants :

» 1°. Les vergues sont orientées, ou, comme on dit, brassées de manière à former avec la direction du vent un angle de 73° 52′ 30″, ci 73° 52′ 30″

» Les vergues font, avec la direction de la quille, un angle de 78° 0′ 0″, dont le supplément égale 102°.

» Par conséquent la quille fait, avec la direction du vent, un angle de 102° — 73° 52′ 30″ = 28° + 7′ + 30″.

Vitesses observées par les trois jeteurs de loch.

Jeteurs de loch	Moment des tops.	Vitesses observées.
1er	11h 22′	8nds,2
2e	11.23′	7 ,8
3e	11.25′	9 ,0
		25 ,0
	Vitesse moyenne.....	8 ,33 ⅓

» Sous cette allure, toutes les voiles sont dehors, mais on n'a mis les bonnettes que d'un bord.

» Par conséquent, si l'on suppose que la vitesse du vent n'ait pas varié dans le passage de la troisième à la quatrième expérience, l'accroissement de vitesse acquise par la frégate se présente ainsi :

	Angle de la quille avec la direction du vent.		
4e Expérience. Largue..........	28° 7′ 30″	8nds,333 ⅓	log. 0,920 818
3e Expérience. (Vent arrière)......	zéro	6 ,933 ⅓	0,840 942
Rapport..........		1 ,2019	0,079 876

Rapport des deux vitesses.

Vitesse à 28° 7′ 30″ : vitesse vent arrière :: 12,019 : 10,000.

Si nous multiplions la vitesse $8^n,333\frac{1}{3}$, par le cosinus de l'angle 28° 7′ 30″, qui correspond à cette vitesse, nous aurons la vitesse de la frégate estimée suivant la direction même du vent.

log $8,333\frac{1}{3}$ =			0,920818
cos 28°7′30″ =			9,945430
Vitesse réduite dans le sens du vent	7^{ndr},3493		0,866248
Vitesse vent arrière	6 ,9333 $\frac{1}{3}$		0,840942
Rapport des deux vitesses	1 ,0600		0,025306

» Ainsi, l'on gagnerait 6 pour cent à s'éloigner de 28° 7′ 30″ de la direction du vent, au lieu de naviguer droit vent arrière.

Cinquième expérience.

» Quatre minutes après la quatrième expérience, sans rien changer à l'orientation du navire, angle du vent avec la quille = 28° 7′ 30″, on supprime les bonnettes.

» Alors on observe les vitesses suivantes :

Sixième expérience.

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	11^h 29′	7^{nds},6
2e	11.30′	6 ,0
3e	11.31′	8 ,7
		22 ,3
Moyenne		7 ,4333

» Cette expérience présente des inégalités considérables entre les trois observations du sillage.

» En la comparant avec la précédente pour juger de l'effet des bonnettes enverguées ou supprimées, on trouve :

4e Expérience avec bonnettes, vitesse	$8,333\frac{1}{3}$ =	0,920 818
5e Expérience sans bonnettes, vitesse	$7,433\frac{1}{3}$ =	0,871 164
Rapport des vitesses	1,1211	0,049 654

Sixième expérience.

» Les bonnettes sont de nouveau déployées et l'on trouve les résultats suivants :

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	$11^h 40'$	$7^{nds},0$
2e	$11.41'$	7 ,5
3e	$11.43'$	7 ,8
		22 ,3

Vitesse moyenne.................................. $7,433\frac{1}{3}$
Plus grande différence avec les vitesses observées .... $0,4333\frac{1}{3}$
Rapport de cette différence avec la vitesse moyenne....... 0,058

» Ici nous trouvons, quoique avec les bonnettes ajoutées, précisément la même vitesse que dans l'expérience précédente, où les bonnettes étaient supprimées. Il faut attribuer ce résultat à l'une de ces deux causes : aux erreurs des observations de sillage, ou, ce qui paraît plus probable, à la variation de la force du vent, dans l'intervalle écoulé d'une observation à l'autre.

Septième expérience.

» Dans la septième expérience, qui dure de $11^h 43'$ à $1^h 16'$, la vitesse n'est plus mesurée par trois observations consécutives ; elle est cotée à $8^n,2$. Elle se rapproche beaucoup de la vitesse donnée sous la même allure, par la quatrième expérience, où les bonnettes étaient aussi déployées.

» Ainsi, nous adopterions pour expériences comparables, sous la même orientation du navire et des voiles :

» La frégate courant grand largue, avec ses bonnettes d'un bord (angle du vent avec la quille $= 28° 7' 30''$) :

4e Expérience, vitesse.................................. $8^{nds},333\frac{1}{3}$
7e Expérience, vitesse.................................. 8 ,2
16 ,533 $\frac{1}{3}$
Vitesse moyenne.................................. 8 ,266 $\frac{2}{3}$
Même route, les bonnettes rentrées.................. 7 ,433 $\frac{1}{3}$
log $8,266\frac{2}{3}$ = ... 0,917 331
log $7,433\frac{1}{3}$ = ... 0,871 164
Rapport des vitesses... 1,1121 .... 0,046 167

Huitième expérience.

» M. Letourneur rejette les résultats de la huitième expérience, qui lui paraît donner une vitesse trop faible, précédée d'une saute de vent et d'un affaiblissement subséquent de la force motrice.

Neuvième expérience.

» On revient à l'allure directe vent arrière, et l'on obtient les vitesses qui suivent :

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	1h 38′	6nds,6
2e	1.39′	6 ,7
3e	1.40′	6 ,9
	Somme..........	20 ,2
	Vitesse moyenne..........	6 ,733 $\frac{1}{3}$

» Ici nous trouvons un résultat sensiblement plus fort que dans la première et la seconde expérience, mais moindre que dans la troisième; différences nécessairement produites par les variations du vent.

Dixième expérience.

» Treize minutes après la neuvième expérience, on a passé de la direction vent arrière à l'angle de 28° 7′ 30″ avec la quille, et l'on trouve

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	1h 53′	6nds,6
2e	1.54′	6 ,8
3e	1.55′	7 ,2
		20 ,6
	Vitesse moyenne..........	6 ,866 $\frac{2}{3}$

Onzième expérience.

» Quinze minutes après la dixième expérience on commença la onzième, en conservant la même voilure, et de plus, en naviguant sous un angle égal à 45° du vent avec la quille.

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	2h 10′	8nds,4
2e	2.11′	8 ,0
3e	2.13′	9 ,0
	Somme........	25 ,4

11e Expérience, vitesse moyenne sous un angle de (45°)	= 8nds,466 $\frac{2}{3}$	=	0,927 678
9e Expérience, vitesse directe vent arrière...... (zéro)	= 6 ,733 $\frac{1}{3}$	=	0,828 209
	1,2574		0,099 469
cos	45°	=	9,849 485
log	8nds,466 $\frac{2}{3}$	=	0,927 678

11e Expérience, vitesse réduite dans le sens du vent arrière....................................	5nds,9864	0,777 163
9e Expér., vitesse, allure directe, vent arrière....	6 ,7333	
Perte de vitesse relative............	0 ,7469	

Douzième expérience.

» Dans cette expérience, on a de nouveau dirigé le navire de manière que sa quille fasse avec la direction du vent, le même angle de 28° 7′ 30″ que dans la dixième expérience.

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	2h21′	7nds,0
2e	2.22′	6 ,2
3e	2.23′	7 ,4
		20 ,6
Vitesse moyenne		6 ,866 $\frac{2}{3}$

» Il est très remarquable qu'on retrouve ici précisément la même vitesse moyenne que dans la dixième expérience.

Treizième expérience.

» On conserve toutes les données de la douzième expérience, et l'on se contente de supprimer les bonnettes.

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	2h29′	6nds,5
2e	2.30′	6 ,5
3e	2.31′	5 ,6
		18 ,6
Vitesse moyenne		6 ,2

» Si l'on compare cette vitesse avec celle de l'expérience précédente, afin de juger de l'effet produit par l'addition ou la suppression des bonnettes, on trouve :

			Logarithmes.
Bonnettes.	Ajoutées :	vitesse = 6nds,866 $\frac{2}{3}$ =	0,836726
	Retirées :	vitesse = 6 ,2 =	0,792392
	Rapport des vitesses 1,1075		0,044334

Seizième expérience.

» Dans la seizième expérience, la direction du vent fait avec la quille un angle de 21° 30′ (1). Les bonnettes sont supprimées comme dans la cinquième expérience.

Observations.	Moment des tops.	Vitesse du sillage.
1re	3h45′	6nds,8
2e	3.46′	6 ,7
3e	3.47′	6 ,7
		20 ,2
Vitesse moyenne		6 ,733 $\frac{1}{3}$

(1) M. Letourneur suppose un angle de 22°.

» Il faut actuellement évaluer la vitesse réduite dans le sens du vent.

$$\log 6^{nds},733\tfrac{1}{3} = 0,828230$$
$$\log \cos 21^\circ\, 30' = 9,968678$$

Vitesse estimée dans le sens du vent. $6^{nds},265$ $0,796908$

» Si nous résumons les expériences que nous venons de mettre en parallèle, nous trouverons

Première classe d'expériences (1er mars) *avec l'emploi des bonnettes.*

NUMÉROS des expériences.	ANGLE de la quille avec le vent.	VITESSES MOYENNES observées.	HEURES de l'observation.	VITESSES estimées dans la direction du vent.
1re........	zéro	$6^n,033$	$10^h\,22'$ à $27'$	
3e........	zéro	6,933	11. 1' à 3'	
9e........	zéro	6,733	1.38' à 40'	
		19,699		$6,566\tfrac{1}{3}$
16e........	21° 30'	$6,733\tfrac{1}{3}$	$3^h\,45'$ à $47'$	6,265
4e........	28° 7' 30"	$8,333\tfrac{1}{3}$	$11^h\,22'$ à $25'$	
6e........	*id.*	$7,433\tfrac{1}{3}$	11.40' à 43'	
7e........	*id.*	8,200*	11.43' à midi.	
	id.	8,200*	midi à $1^h\,16'$	
		$32,166\tfrac{2}{3}$		
	Vitesse moy...	$8,041\tfrac{2}{3}$		7,096
11e........	45°	8,466	$2^h\,10'$ à $13'$	5,986

* Il n'y pas ici les trois observations ; on n'en a donné qu'une seule.

» Trois jours après la série d'expériences que nous venons d'analyser, M. Letourneur en a fait sept nouvelles, en dirigeant alternativement, à trois reprises, sa frégate droit vent arrière, puis sous un angle de 32°30', et finalement vent arrière.

Succession des expériences du 4 mars.

NUMÉROS des expériences.	ANGLE de la quille avec le vent.	VITESSE OBSERVÉE.	VITESSE ESTIMÉE dans le lit du vent.	ÉPOQUE des observations.
26ᵉ........	zéro	$4,633\frac{1}{3}$	*id.*	8 heures. 29′ $\frac{3}{4}$ à 32′ 34″
28ᵉ........	32° 30′	7,266	6,128	47′15″ à 48′ 59″
29ᵉ........	zéro	$5,633\frac{1}{3}$	*id.*	56′30″ à 58′36″
30ᵉ........	32° 30′	7,800	6,578	9 heures. 8′ à 10′ 1″
31ᵉ........	zéro	$5,866\frac{2}{3}$	*id.*	20′17″ à 22′26″
32ᵉ........	32° 30′	7,900	6,663	29′24″ à 31′46″
33ᵉ........	zéro	$6,333\frac{1}{3}$	*id.*	40′19″ à 42′11″
Somme des vitesses de chaque direction.......		$22,466\frac{2}{3}$	22,966	
Moyennes..........		$5,616\frac{2}{3}$	$7,655\frac{4}{9}$	

» Cette série d'expériences offre des résultats beaucoup plus concluants que celles du 1ᵉʳ mars.

» Si nous prenons pour unité la vitesse du navire dirigé droit vent arrière, nous trouvons pour vitesses réduites dans le lit du vent,

Date des expériences.	Angle de la quille avec le vent.	Vitesse estimée dans le lit du vent.
1ᵉʳ mars.	zéro.	1,0000
1ᵉʳ mars.	21° 30′	0,9541
1ᵉʳ mars.	28° 7′ 30″	1,0806
4 mars.	32° 30′	1,3648
1ᵉʳ mars.	45°	0,9116

» Les expériences faites par M. Letourneur concourent à démontrer que la quille faisant successivement avec la direction du vent un angle de 28°7′30″ et de 32°30′ (grand largue), la vitesse du navire, estimée suivant la direction du vent, est plus grande que dans la navigation directe vent arrière.

» Si l'auteur de ces expériences avait essayé d'évaluer l'effet de la dérive, il aurait trouvé pour ces directions grand largue, des vitesses ré-

duites dans le sens du vent plus grandes encore que celles dont il a donné la mesure.

» En effet, la vitesse observée par les jeteurs de loch est représentée par la diagonale d'un parallélogramme ayant ses côtés dirigés, 1° suivant la direction de la quille, 2° perpendiculairement à la quille : la diagonale fait avec la direction du vent un angle qui nécessairement est moindre que 28° 7′ 30″ et 32° 30′, dans les deux cas du grand largue, mis en parallèle.

» Soit x l'angle formé par la diagonale avec la direction de la quille.

» La vitesse réduite dans le sens du vent doit, pour ces deux expériences :

Angle de la quille avec la direction du vent.	Au lieu de	Être de
28° 7′ 30″	$8^{nds},046\frac{2}{3} \times (\cos 28° 7' 30''$	$8^{nds},046\frac{2}{3} (\cos 28° 7' 30'' - x)$

» Supposons, pour fixer les idées, que $x = 5°$

$$28° 7' 30'' - x = 23° 7' 30''.$$

	Vitesses.	Logarithmes.
	$8^{nds},066\frac{2}{3}$ =	0,906 658
cos	23° 7′ 30″ =	9,963 628
Vitesse réduite...........	7,417	0,870 286
Au lieu de...............	7,096	

» C'est-à-dire que la dérive aura fait gagner $0^{n\text{œud}},321$ à la vitesse réduite dans le sens de la direction du vent.

» Le bénéfice résultant des effets de la dérive serait encore plus considérable pour la direction de 32° 30′.

» Enfin, une simple dérive de 5 degrés rendrait, pour l'angle de 45°, la vitesse réduite dans le lit du vent, telle qu'on l'a trouvée dans les expériences du 1er mars, supérieure à la vitesse du navire faisant route directe vent arrière.

» Les développements très étendus dans lesquels nous avons cru devoir entrer, montrent toute l'importance que nous attachons au genre de recherches entrepris par M. Letourneur.

» En même temps nous exprimons tous nos regrets que cet habile commandant n'ait pas pu consacrer plus de deux jours d'expériences dans toute une campagne, pour arriver à des résultats complétement démonstratifs.

» Il ne suffit pas d'observer les vitesses pour un petit nombre de direc-

tions de routes grand largue; il ne suffit pas de se borner aux angles suivants :

21° 30′
28° 7′ 30″
32° 30′
45° 00′.

Il faudrait depuis 0° jusqu'à 90° faire et refaire, à plusieurs reprises, des expériences comparatives, pour des angles croissant par exemple de 5 en 5 degrés.

» Il faudrait opérer avec des vents très inégaux, afin d'apprécier quelle influence apporte dans les résultats la vitesse absolue du vent.

» Il faudrait faire les expériences avec deux bâtiments de même rang, et, s'il se peut, construits, armés, gréés sur le même plan; l'un naviguant sans changer de direction ni de voilure, tandis que l'autre en varierait, afin de voir si le vent conserve ou varie sa vitesse pendant la durée des observations comparatives.

» Il est à désirer que M. le Ministre de la Marine confie à M. Letourneur la direction supérieure de cette nouvelle série d'expériences combinées.

» Il est à désirer qu'on enjoigne à d'autres officiers commandant des bâtiments à trois mâts, vaisseaux, frégates ou corvettes, de faire de semblables expériences, surtout s'ils naviguent de conserve.

» L'ensemble de ces nombreuses observations fournirait des résultats précieux pour les chasses données ou reçues vent arrière. En admettant la supériorité de certaines directions grand largue, sur la direction vent arrière, quand on poursuivrait un navire placé sous le vent et dans la direction même du vent, il faudrait quitter la route directe, pour prendre l'angle des plus grandes vitesses *réduites*, à tribord par exemple, jusqu'au moment où l'on relèverait à bâbord sous le même angle le navire chassé; virer vent arrière et courir sous cette nouvelle direction sur ce navire, etc.

» Si le navire chassé prenait les mêmes allures que celui qui donne la chasse, alors on appliquerait tous les principes de géométrie qui sont mis en usage pour régler les chasses *au plus près du vent;* par opposition à celles-ci les premières seraient convenablement appelées chasses *au plus loin* du vent.

» Les directions avantageusement possibles de la marche d'un navire, chasseur ou chassé, se trouveraient ainsi comprises entre deux angles,

l'un aigu, l'autre obtus, qui donneraient les deux directions du plus près et du plus loin du vent.

» Nous recommandons encore une dernière série d'expériences, pour arriver à connaître, dans la direction vent arrière, l'addition de force et l'accroissement des vitesses dues aux voiles plus ou moins masquées. Nous voudrions qu'on comparât les vitesses d'un même navire route directe vent arrière :

» 1°. Toutes voiles dehors;

» 2°. Les voiles du mât d'artimon supprimées;

» 3°. Les voiles des mâts d'artimon et de misaine supprimées.

» Ces expériences permettraient d'appliquer la théorie à l'appréciation des vitesses pour des routes grand largue où les voiles de différents mâts démasquent successivement.

» En définitive, nous pensons que l'Académie doit accorder de justes éloges à M. Letourneur pour l'ensemble de ses expériences, et nous proposons qu'il soit fait part à M. le Ministre de la Marine de l'importance qu'attacherait l'Académie à voir multiplier et compléter une série nouvelle d'expériences du même ordre, sous l'habile direction de l'auteur des premières. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la cause des vents les plus irréguliers; par* M. MAIZIÈRE.

(Commissaires, MM. Mathieu, Savary.)

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MACHINES. — *Mémoire sur un nouveau système de machines à vapeur rotatives, à palettes mobiles et solidaires, jouant dans une coulisse traversant l'axe rotatif sans le secours d'aucun ressort; par* M. COUSIN.

(Renvoyé aux Commissaires déjà nommés pour l'examen des machines rotatives.)

ÉLECTRICITÉ. — *Théorie des Isolateurs; par* M. FREDRIC ROESSINGER.

(Renvoyé à la Commission déjà nommée pour un précédent Mémoire du même auteur.)

Dévidoir sur une grande échelle appliqué au transport des dépêches de Calais à Douvres, etc.; par M. Sondalo.

(Commissaire, M. Savary.)

CORRESPONDANCE.

optique. — *Lettre de* M. **Babinet** *sur quelques faits optiques.*

(Commissaires, MM. Arago, Savary.)

« Permettez-moi de faire connaître à l'Académie quelques faits optiques relatifs principalement aux substances siliceuses que nous fournit la nature.

» I. La variété de quartz Résinite qui porte le nom de *Hyalite*, et qui est parfaitement transparente, étant taillée en plaque à faces parallèles, et interposée dans *un sens quelconque*, entre deux tourmalines croisées, dépolarise complétement la lumière, en quoi elle diffère des autres variétés de quartz Résinite et notamment de l'opale laiteuse à reflets orangés et de l'opale de feu du Mexique.

» II. Si l'on *égrise* du cristal de roche, c'est-à-dire, si on le réduit en poussière en frottant deux aiguilles l'une contre l'autre, et qu'on mette cette poudre dans de l'huile pour lui rendre de la transparence, le mélange ne produit point la rotation, mais il dépolarise complétement la lumière qui le traverse. On obtient du reste le même résultat avec du verre pilé.

» III. Enfin si l'on met du verre pilé dans de l'huile, ou mieux encore du spath-fluor dont la réfraction est des plus faibles parmi celles des corps solides, et qu'on en forme entre deux verres plans, une plaque à faces parallèles, cette plaque traversée par la lumière polarisée, manifeste la curieuse propriété de ne dépolariser que les rayons dont la réfraction diffère dans le spath et dans l'huile; en sorte que la lumière émergente analysée par la double réfraction, donne des couleurs très remarquables et qui de plus ont la propriété de varier rapidement avec la température du système, à cause de l'inégalité d'influence que la chaleur exerce sur le solide et sur le liquide. »

M. le Dr **Menville** avait présenté à l'Académie, au commencement de

décembre dernier, une dent molaire de *Dinotherium giganteum*, qu'il avait trouvée dans le département du Gers. Il exprime aujourd'hui le désir que cette dent soit remise au Muséum d'Histoire naturelle.

MACHINES LOCOMOTIVES. — M. **Roussel**, horloger à Versailles, écrit à l'appui de la priorité déjà réclamée en sa faveur par M. Séguier, qu'il a obtenu, le 8 avril 1835, un brevet d'invention pour l'emploi de l'air comprimé, remplaçant les chevaux et la vapeur; que les journaux en ont fait mention en 1837 et 1838; enfin, qu'il a fait fonctionner son appareil en présence de plusieurs savants. M. Roussel ajoute quelques détails relatifs à cet appareil.

(Renvoyé à la Commission nommée pour l'examen de ce moteur.)

MÉTÉOROLOGIE. — M. le Dr **Guyon** adresse deux lettres d'Alger, relativement au tremblement de terre qui s'y est fait sentir le 14 avril dernier. Nous en extrayons les passages suivants :

« Dimanche dernier, 14 du courant, à 2 heures 5 minutes de l'après-midi, nous avons entendu un bruit souterrain, dirigé du sud-est au nord-est, et qui a été immédiatement suivi d'un ébranlement général des édifices et des maisons; çà et là dans la ville, quelques pans de murs qui déjà menaçaient ruine, se sont écroulés.

» La secousse a duré de deux à trois secondes et s'est fait un peu plus sentir dans le haut de la ville que dans la partie basse ou maritime. Au moment même où elle eut lieu, l'atmosphère était calme, le ciel beau, avec un très léger souffle du sud-est. Dans la maison que j'occupe, située sur un rocher baigné par les eaux de la mer, à 30 pieds environ au-dessus de son niveau, le baromètre marquait 28 pouces 1 ligne; le thermomètre centigrade, 17°,5; l'hygromètre de Saussure, 67°.

» La nuit précédente, par un calme plat, nous avions essuyé un orage qui différait des orages ordinaires; il semblait se passer dans les régions les plus inférieures de l'atmosphère. Il fut accompagné et suivi de la chute d'une grêle sèche et très abondante, qui tombait par masses, sans régularité. On eût dit qu'on la versait par tonneaux à peu de distance au-dessus de la surface du sol.

» Le lendemain, vers midi, d'après un bruit populaire, que la secousse devait se renouveler vingt-quatre heures après, toute la population israélite, femmes et enfants, avec ses rabbins, sortit de la ville et se répandit dans les campagnes, adressant des prières au Très-Haut. Cet exemple ne fut point suivi par les Maures. »

Ces passages sont extraits d'une première lettre de M. Guyon, en date du 17 avril. Dans une seconde lettre en date du 30 du même mois, il ajoute les détails suivants :

« En vous informant, sous la date du 17 du mois dernier, du tremblement de terre que nous avons éprouvé le 14, j'ai omis de vous dire qu'il avait été ressenti par tous les bâtiments qui se trouvaient dans la rade.

» D'après les dernières nouvelles que nous avons reçues de Constantine, la secousse s'y serait fait assez fortement sentir, surtout au centre de la ville.

» On n'a rien ressenti à Oran. Mais par une sorte de compensation, cette ville a été on ne peut plus maltraitée par un ouragan, pendant les trois jours qui ont précédé l'événement dont nous parlons, c'est-à-dire les 11, 12 et 13 avril. Dans le cours de cet ouragan, la plupart des bâtiments qui étaient dans les ports de Mers-el-Kébir et d'Arzew, ont été jetés à la côte; entre autres les deux bâtiments espagnols, *la Conception* et *le Francisco*, et un bâtiment venant d'Alger. Cet ouragan, dont le pareil ne s'était pas encore vu depuis notre occupation en Afrique, était accompagné d'une mer affreuse qui a détruit tous les travaux du quai de la ville, ainsi que ceux de la nouvelle route de Mers-el-Kébir.

» Pareil temps, à la même époque, régnait à Bone, où notre tremblement de terre paraîtrait ne s'être pas fait sentir non plus. »

CHIMIE. — MM. **Soubeiran** et **Capitaine** annoncent plusieurs résultats d'un travail qu'ils ont entrepris sur quelques huiles essentielles.

« Nos expériences, disent-ils, se rattachent à un petit groupe d'huiles volatiles, qui contiennent toutes l'hydrogène et le carbone dans le rapport atomique de 5 à 8. Elles nous ont appris qu'il fallait ajouter aux huiles essentielles isomériques, outre l'essence de térébenthine, celle que fournit le poivre Cubèbes. Elles nous ont encore fait reconnaître que les huiles de ce groupe, qui se sont prêtées à ce genre d'expériences, ont toutes, à l'état de vapeur, une densité égale à celle de l'essence de térébenthine.

» Toutes les huiles qui font partie des camphres artificiels, contiennent le carbone et l'hydrogène, dans le rapport de 5 à 8. Mais on en peut former trois groupes très distincts fondés sur le nombre des particules élémentaires qui composent la molécule chimique. Dans le premier groupe, l'huile combinée avec l'acide est formée de 20 atomes de carbone et de 32 atomes d'hydrogène : telles sont les huiles des camphres

solide et liquide de térébenthine. Dans le deuxième groupe, la molécule chimique de l'huile contient 15 atomes de carbone et 24 atomes d'hydrogène : telles sont les huiles des camphres de Cubèbes et de genièvre. Dans le troisième groupe, la molécule d'huile est formée seulement de 10 atomes de carbone et de 16 d'hydrogène : les huiles des camphres de citron et de copahu sont dans ce cas. . . . . .

» Nous avons suivi pour avoir quelques lumières sur la constitution de ces divers corps, la voie si heureusement ouverte par M. Biot. C'est sous sa direction qu'ont été faites au collége de France, les expériences dont nous allons indiquer sommairement les résultats.

» L'essence de Cubèbes dévie vers la gauche les rayons de lumière polarisée; son pouvoir est un peu moindre que celui de l'essence de térébenthine. Le camphre de Cubèbes dévie dans le même sens.

» L'huile volatile de genièvre dévie à gauche les rayons polarisés; mais son pouvoir est beaucoup moindre que celui de l'essence de térébenthine. Le camphre que produit l'huile de genièvre exerce une déviation dans le même sens.

» L'essence de térébenthine conserve dans le camphre solide, aussi exactement qu'on peut s'en assurer, le pouvoir de rotation qui lui est propre; elle entre en combinaison avec l'acide sans éprouver de changement dans son état moléculaire. Mais si l'on décompose le camphre par la chaux, la nouvelle huile volatile que l'on en retire n'a plus aucun indice appréciable du pouvoir de rotation.

» Dans le camphre liquide de térébenthine, la rotation se fait à gauche, comme pour le camphre solide; mais elle est plus faible, pour la proportion d'essence qui y est contenue.

» L'huile qui fournit le camphre liquide de citron n'offre aucun indice de rotation, tandis que l'essence exerce un pouvoir presque double de celui qu'exerce l'huile volatile de térébenthine, et en sens contraire, comme l'avait déjà reconnu M. Biot. »

M. Selligue annonce la terminaison de la discussion qui s'était élevée entre M. *Gaudin* et lui, au sujet du nouveau gaz d'éclairage produit par la décomposition de l'eau et des matières carburantes.

La séance est levée à cinq heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 18, in-4°.

Voyage en Sardaigne, ou Description statistique, physique et politique de cette île; par M. DE LA MARMORA ; 1 vol. in-8°, et atlas in-fol.

Description générale des Phares et Fanaux; par M. COULIER ; 4e édit. in-18.

Essai statistique et médical sur les Eaux minérales des environs de Grenoble; par M. C. LEROY; in-8°. (Extrait du bulletin de la *Société de Statistique du départ. de l'Isère.*)

Discours sur la Chimie, prononcé le 2 *mars* 1838 *à la Société des Sciences et des Arts de Grenoble; par* le même; in-8°.

OEuvres complètes de JOHN HUNTER, *traduites de l'anglais par* M. G. RICHELET ; 6e liv. in-8°, et atlas in-4°, 6e liv.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; par M. A. DEMIDOFF ; 6e liv. in-8°.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; mars 1839, in-8°.

Notice sur les Pyrales et particulièrement sur quelques espèces nuisibles à l'Agriculture et aux forêts; par M. GUÉRIN-MENNEVILLE ; in-8°.

Revue zoologique; par le même; 1839, in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets, journal de leurs parents et de leurs instituteurs, rédigé par M. PÉROUX; 1re année, nov. et déc. 1838, et janv., fév., mars 1839, in-8°.

On the colour..... *Sur la couleur de la vapeur dans certaines circonstances et sur la couleur de l'atmosphère; par* M. FORBES. (Extrait des *Transactions de la Société d'Édimbourg.*) Édimbourg, 1839, in-4°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER ; n° 377, in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 19, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 54—56, in-fol.

La France industrielle; 6e année, n° 6.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 97, in-8°.

Gazette des Médecins praticiens; n° 13.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MAI 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Suite du Mémoire sur les mouvements infiniment petits d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ VIII. *Transformation et réduction des intégrales générales.*

Si, en désignant par

$$x, y, z,$$

les coordonnées initiales d'une molécule $\mathfrak{m}$ choisie arbitrairement dans le système donné, on nomme

$$x + \mathrm{x},\ y + \mathrm{y},\ z + \mathrm{z},$$

les coordonnées initiales d'une autre molécule m,

$$r$$

la distance primitive des deux molécules $\mathfrak{m}$, m, et

$$\mathfrak{m}m\mathrm{f}(r)$$

leur action mutuelle, les équations (1), (2) du § Ier, et (3), du § III,

donneront

$$r\cos\alpha = \mathrm{x},\quad r\cos\beta = \mathrm{y},\quad r\cos\gamma = \mathrm{z},$$

(1) $$r^2 = \mathrm{x}^2 + \mathrm{y}^2 + \mathrm{z}^2,$$

et

$$\mathfrak{L} = \mathrm{S}\left\{\frac{m}{r}\left[\mathrm{f}(r) + \mathrm{x}^2\,\frac{d\frac{\mathrm{f}(r)}{r}}{dr}\right]\left(e^{u\mathrm{x}+v\mathrm{y}+w\mathrm{z}} - 1\right)\right\},\quad \mathfrak{M} = \ldots,\quad \mathfrak{N} = \ldots,$$

$$\mathfrak{P} = \mathrm{S}\left[\frac{m}{r}\,\mathrm{yz}\,\frac{d\frac{\mathrm{f}(r)}{r}}{dr}\left(e^{u\mathrm{x}+v\mathrm{y}+w\mathrm{z}} - 1\right)\right],\qquad \mathfrak{Q} = \ldots,\quad \mathfrak{R} = \ldots,$$

ou, ce qui revient au même

(2) $$\begin{cases} \mathfrak{L} = \mathcal{G} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{du^2}, & \mathfrak{M} = \mathcal{G} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dv^2}, \quad \mathfrak{N} = \mathcal{G} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dw^2}, \\ \mathfrak{P} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dv\,dw}, & \mathfrak{Q} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dw\,du}, \quad \mathfrak{R} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{du\,dv}, \end{cases}$$

les valeurs de $\mathcal{G}$, $\mathfrak{H}$ étant

(3) $$\begin{cases} \mathcal{G} = \mathrm{S}\left[m\,\dfrac{\mathrm{f}(r)}{r}\left(e^{u\mathrm{x}+v\mathrm{y}+w\mathrm{z}} - 1\right)\right], \\ \mathfrak{H} = \mathrm{S}\left[\dfrac{m}{r}\,\dfrac{d\frac{\mathrm{f}(r)}{r}}{dr}\left(e^{u\mathrm{x}+v\mathrm{y}+w\mathrm{z}} - 1\right) - (u\mathrm{x}+v\mathrm{y}+w\mathrm{z}) - \dfrac{(u\mathrm{x}+v\mathrm{y}+w\mathrm{z})^2}{2}\right]. \end{cases}$$

Soit d'ailleurs s une racine de l'équation (12) du § III, c'est-à-dire une racine de

(4) $$\mathrm{F}(u,\ v,\ w,\ s) = 0,$$

la forme de la fonction $\mathrm{F}(u, v, w, s)$ étant déterminée par l'équation

(5) $$\mathrm{F}(u,\ v,\ w,\ s) =$$
$$(\mathfrak{L}-s^2)(\mathfrak{M}-s^2)(\mathfrak{N}-s^2) - \mathfrak{P}^2(\mathfrak{L}-s^2) - \mathfrak{Q}^2(\mathfrak{M}-s^2) - \mathfrak{R}^2(\mathfrak{N}-s^2) + 2\mathfrak{P}\mathfrak{Q}\mathfrak{R},$$

si l'on suppose

$$s,\ \mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{R},$$

et les rapports

$$\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{A}},\quad \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{A}},$$

déterminés en fonction de

$$u,\ v,\ w,$$

par les formules (2), (3), (4) jointes aux équations

$$(6)\quad \begin{cases} (\mathfrak{L} - s^2)\,A + \mathfrak{R}B + \mathfrak{Q}C = 0, \\ \mathfrak{R}A + (\mathfrak{M} - s^2) + \mathfrak{P}C = 0, \\ \mathfrak{Q}A + \mathfrak{P}B + (\mathfrak{N} - s^2)C = 0, \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même, à la formule

$$(7)\quad \frac{A}{\left(\dfrac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{s^2 - \mathfrak{L} + \dfrac{\mathfrak{Q}\mathfrak{R}}{\mathfrak{P}}}\right)} = \frac{B}{\left(\dfrac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{s^2 - \mathfrak{M} + \dfrac{\mathfrak{R}\mathfrak{P}}{\mathfrak{Q}}}\right)} = \frac{C}{\left(\dfrac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{s^2 - \mathfrak{N} + \dfrac{\mathfrak{P}\mathfrak{Q}}{\mathfrak{R}}}\right)};$$

si d'ailleurs on pose, comme dans le § VII,

$$(8)\quad u = \mathrm{u}\sqrt{-1}, \quad v = \mathrm{v}\sqrt{-1}, \quad w = \mathrm{w}\sqrt{-1},$$

u, v, w, étant des quantités réelles, alors en considérant ces quantités réelles comme des variables auxiliaires, on reconnaîtra que, dans un système homogène, les déplacements moléculaires assujétis à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

$$(9)\quad \begin{cases} \xi = \varphi(x,y,z), & \eta = \chi(x,y,z), & \zeta = \psi(x,y,z), \\ \dfrac{d\xi}{dt} = \Phi(x,y,z), & \dfrac{d\eta}{dt} = \mathrm{X}(x,y,z), & \dfrac{d\zeta}{dt} = \Psi(x,y,z), \end{cases}$$

pourront être représentées par le système des équations (18), (20) du § VII, jointes aux formules (5), (11), (12) et (15) du même paragraphe.

» Soient maintenant

$$a,\ b,\ c,$$

les cosinus des angles que forme un axe fixe prolongé dans un sens déterminé avec les demi-axes des

$$x,\ y,\ z,$$

positives. Si l'on nomme $\mathfrak{s}$ le déplacement d'une molécule mesuré parallèlement à l'axe fixe, et

$$\mathfrak{s}_{,}$$

la partie de ce déplacement qui correspond à l'une des valeurs de s représentées par

$$s',\ -s',\ s'',\ -s'',\ s''',\ -s''',$$

on aura évidemment

$$(10)\quad \begin{cases} \mathfrak{s} = a\xi + b\eta + c\zeta, \\ \mathfrak{s}_{,} = a\xi_{,} + b\eta_{,} + c\zeta_{,}, \end{cases}$$

et par conséquent les équations (18), (20) ... du § VII, jointes aux formules (3), (5), (11) et (12) du même paragraphe, donneront

$$(11)\qquad \varpi = \varpi_{s'} + \varpi_{-s'} + \varpi_{s''} + \varpi_{-s''} + \varpi_{s'''} + \varpi_{-s'''},$$

$$(12)\quad \varpi_{,} = \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \tfrac{1}{2}\mathrm{U}\,\frac{a\mathrm{A}+b\mathrm{B}+c\mathrm{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-st}\,\frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}$$
$$+\int_0^t\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \tfrac{1}{2}\mathrm{V}\,\frac{a\mathrm{A}+b\mathrm{B}+c\mathrm{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\,e^{\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-st}\,\frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}\,dt,$$

les valeurs de U, V, étant toujours déterminées par le système des formules

$$(13)\qquad \begin{cases} \mathrm{U} = \mathrm{A}\varphi(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{B}\chi(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{C}\psi(\lambda,\mu,\nu), \\ \mathrm{V} = \mathrm{A}\Phi(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{B}\mathrm{X}(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{C}\Psi(\lambda,\mu,\nu), \end{cases}$$

et les intégrations relatives aux variables auxiliaires

$$\mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w},\ \lambda,\ \mu,\ \nu,$$

étant toutes effectuées entre les limites

$$-\infty,\ \infty.$$

D'ailleurs les formules (18), (20),... du § VII, se trouvent évidemment toutes comprises dans les formules (11) et (12) desquelles on les déduit en posant

$$a = 1,\quad b = 0,\quad c = 0,$$

ou bien

$$a = 0,\quad b = 1,\quad c = 0,$$

ou bien encore

$$a = 0,\quad b = 0,\quad c = 1,$$

suivant que l'on se propose de calculer le déplacement moléculaire ξ, ou η, ou ζ, mesuré parallèlement à l'axe des x, ou des y, ou des z.

» Il est bon d'observer qu'en vertu des formules (13) les produits

$$(14)\qquad \begin{cases} \mathrm{U}\,\dfrac{a\mathrm{A}+b\mathrm{B}+c\mathrm{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2} = \dfrac{(a\mathrm{A}+b\mathrm{B}+c\mathrm{C})\,[\mathrm{A}\varphi(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{B}\chi(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{C}\psi(\lambda,\mu,\nu)]}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}, \\ \mathrm{V}\,\dfrac{a\mathrm{A}+b\mathrm{B}+c\mathrm{C}}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2} = \dfrac{(a\mathrm{A}+b\mathrm{B}+c\mathrm{C})\,[\mathrm{A}\Phi(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{B}\mathrm{X}(\lambda,\mu,\nu) + \mathrm{C}\Psi(\lambda,\mu,\nu)]}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}, \end{cases}$$

considérés comme fonctions de A, B, C, dépendent uniquement des rapports

$$\frac{\mathrm{B}}{\mathrm{A}},\quad \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{A}}.$$

En conséquence on pourra prendre pour A, B, C, dans les équations (12) et (13), un quelconque des systèmes de valeurs propres à vérifier la formule (6) ou (7), et supposer par exemple,

$$(15)\qquad \mathrm{A} = \frac{\mathcal{QR}}{s^2 - \mathcal{L} + \dfrac{\mathcal{QR}}{\mathcal{P}}},\quad \mathrm{B} = \frac{\mathcal{RP}}{s^2 - \mathcal{M} + \dfrac{\mathcal{RP}}{\mathcal{Q}}},\quad \mathrm{C} = \frac{\mathcal{PQ}}{s^2 - \mathcal{N} + \dfrac{\mathcal{PQ}}{\mathcal{R}}}.$$

Dans ce cas particulier l'équation (4) se réduirait à

$$\frac{A}{\mathcal{P}} + \frac{B}{\mathcal{Q}} + \frac{C}{\mathcal{R}} = 1. \tag{16}$$

On pourrait supposer aussi

$$A = \frac{1}{\mathcal{P}(s^2 - \mathcal{L}) + \mathcal{Q}\mathcal{R}}, \quad B = \frac{1}{\mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}}, \quad C = \frac{1}{\mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}}, \tag{17}$$

ou bien encore, en faisant disparaître les dénominateurs,

$$\begin{cases} A = [\mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}]\,[\mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}], \\ B = [\mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}]\,[\mathcal{P}(s^2 - \mathcal{L}) + \mathcal{Q}\mathcal{R}], \\ C = [\mathcal{P}(s^2 - \mathcal{L}) + \mathcal{Q}\mathcal{R}]\,[\mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}]. \end{cases} \tag{18}$$

Enfin, comme la formule (7) doit s'accorder avec la formule (11) du § III, on pourrait prendre

$$A = (s^2 - \mathcal{M})(s^2 - \mathcal{N}) - \mathcal{P}^2, \quad B = \mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}, \quad C = \mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}. \tag{19}$$

Il y a plus. Comme, en multipliant par A les trois membres de la formule (11) du § III, et par B ou C les trois membres de deux formules semblables tirées par la même méthode des équations (6), on trouverait

$$\frac{A^2}{(s^2 - \mathcal{M})(s^2 - \mathcal{N}) - \mathcal{P}^2} = \frac{AB}{\mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}} = \frac{AC}{\mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}},$$

$$\frac{AB}{\mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}} = \frac{B^2}{(s^2 - \mathcal{N})(s^2 - \mathcal{L}) - \mathcal{Q}^2} = \frac{BC}{\mathcal{P}(s^2 - \mathcal{L}) + \mathcal{Q}\mathcal{R}},$$

$$\frac{AC}{\mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}} = \frac{BC}{\mathcal{P}(s^2 - \mathcal{L}) + \mathcal{Q}\mathcal{R}} = \frac{C^2}{(s^2 - \mathcal{L})(s^2 - \mathcal{M}) - \mathcal{R}^2};$$

il est clair que l'une quelconque des six équations

$$\begin{cases} A^2 = (s^2 - \mathcal{M})(s^2 - \mathcal{N}) - \mathcal{P}^2, \quad B^2 = (s^2 - \mathcal{N})(s^2 - \mathcal{L}) - \mathcal{Q}^2, \quad C^2 = (s^2 - \mathcal{L})(s^2 - \mathcal{M}) - \mathcal{R}^2, \\ BC = \mathcal{P}(s^2 - \mathcal{L}) + \mathcal{Q}\mathcal{R}, \quad CA = \mathcal{Q}(s^2 - \mathcal{M}) + \mathcal{R}\mathcal{P}, \quad AB = \mathcal{R}(s^2 - \mathcal{N}) + \mathcal{P}\mathcal{Q}, \end{cases} \tag{20}$$

entraînera les cinq autres, et qu'en conséquence on pourra, dans les développements des expressions (14), remplacer les carrés ou produits

$$A^2, \; B^2, \; C^2, \; BC, \; CA, \; AB,$$

par les seconds membres des équations (20). Alors, en posant pour abréger

$$\mathcal{S} = (s^2 - \mathcal{M})(s^2 - \mathcal{N}) + (s^2 - \mathcal{N})(s^2 - \mathcal{L}) + (s^2 - \mathcal{L})(s^2 - \mathcal{M}) - \mathcal{P}^2 - \mathcal{Q}^2 - \mathcal{R}^2, \tag{21}$$

on trouvera simplement

$$A^2 + B^2 + C^2 = \mathcal{S}, \tag{22}$$

et $\mathcal{S}$ ne sera évidemment autre chose que la dérivée qu'on obtiendrait en différentiant par rapport à s^2 la fonction $F(u, v, w, s)$ prise en signe contraire.

» Comme les valeurs de

$$\mathcal{G},\ \mathcal{H},\ \mathcal{L},\ \mathcal{M},\ \mathcal{N},\ \mathcal{P},\ \mathcal{Q},\ \mathcal{R},$$

données par les formules (2), (3), sont développables avec l'exponentielle

$$e^{ux+vy+wz}$$

en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes et entières de

$$u,\ v,\ w,$$

il est clair que, si l'on égale les facteurs

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

à des fonctions entières de

$$s,\ \mathcal{L},\ \mathcal{M},\ \mathcal{N},\ \mathcal{P},\ \mathcal{Q},$$

en supposant, par exemple, ces facteurs déterminés par les équations (18) ou (19), on pourra considérer

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

comme des fonctions entières de s et de u, v, w, composées d'un nombre fini ou infini de termes. Nommons, dans cette supposition,

$$\Box_x,\ \Box_y,\ \Box_z,$$

ce que deviennent

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

quand on y remplace

$$u,\ v,\ w,\ s,$$

par les caractéristiques

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_z,\ \mathrm{D}_t.$$

Alors, en appelant

$$\varphi_s,\ \chi_s,\ \psi_s,\ \Phi_s,\ \mathrm{X}_s,\ \Phi_s,$$

des fonctions de x, y, z, t déterminées par la formule

$$(23)\quad \varphi_s = \tfrac{1}{2}\int\int\int\int\int\int \frac{\varphi(\lambda,\mu,\nu)}{\mathrm{A}^2+\mathrm{B}^2+\mathrm{C}^2}\, e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-st}\, \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, du\, dv\, dw}{(2\pi)^3}$$

et par celles qu'on en déduit quand on substitue, dans les deux membres, à la lettre φ l'une des lettres χ, ψ, Φ, X, Ψ, on tirera évidemment des équations (12) et (13)

$$(24)\quad \begin{aligned} 8_s = {} & (a\Box_x + b\Box_y + c\Box_z)(\Box_x\varphi_s + \Box_y\chi_s + \Box_z\psi_s) \\ & + (a\Box_x + b\Box_y + c\Box_z)\int_0^t (\Box_x\Phi_s + \Box_y\mathrm{X}_s + \Box_z\Psi_s)\,dt. \end{aligned}$$

Si, dans la formule (22), on réduit l'un des cosinus a, b, c, à l'unité, et

les deux autres à zéro, on en conclura immédiatement

$$(25)\quad \left\{\begin{aligned}
\xi_i &= \square_x(\square_x\varphi_i + \square_y\chi_i + \square_z\psi_i)\\
&\quad + \square_x \int_0^t (\square_x\Phi_i + \square_y \mathrm{X}_i + \square_z\Psi_i)dt,\\
\eta_i &= \square_y(\square_x\varphi_i + \square_y\chi_i + \square_z\psi_i)\\
&\quad + \square_y \int_0^t (\square_x\Phi_i + \square_y \mathrm{X}_i + \square_z\Psi_i)dt,\\
\zeta_i &= \square_z(\square_x\varphi_i + \square_y\chi_i + \square_z\psi_i)\\
&\quad + \square_z \int_0^t (\square_x\Phi_i + \square_y \mathrm{X}_i + \square_z\Psi_i)dt.
\end{aligned}\right.$$

» On simplifiera encore les formules que nous venons d'obtenir, si l'on suppose réduites à des fonctions entières de

$$s,\ \mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},$$

non plus les valeurs de

$$\mathrm{A},\ \mathrm{B},\ \mathrm{C},$$

mais seulement les valeurs de

$$\mathrm{A}^2,\ \mathrm{B}^2,\ \mathrm{C}^2,\ \mathrm{BC},\ \mathrm{CA},\ \mathrm{AB},$$

en déterminant ces dernières valeurs par le moyen des équations (20). Alors les formules (23)... donneront

$$(26)\quad \varphi_i = \frac{1}{2}\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{\phi(\lambda,\mu,\nu)}{\mathfrak{F}}\, e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-st}\,\frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, du\, dv\, dw}{(2\pi)^3},$$

et en désignant par

$$\square_{x,x},\ \square_{y,y},\ \square_{z,z},\ \square_{y,z} = \square_{z,y},\ \square_{z,x} = \square_{x,z},\ \square_{x,y} = \square_{y,x},$$

ce que deviennent les seconds membres des formules (20) quand on y remplace

$$u,\ v,\ w,\ s,$$

par les caractéristiques

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_z,\ \mathrm{D}_t;$$

on obtiendra, au lieu des équations (24) et (25), celles qui suivent :

$$(27)\quad \begin{aligned}
\mathfrak{s}_i &= (a\square_{x,x} + b\square_{x,y} + c\square_{y,z})\left(\varphi_i + \int_0^t \Phi_i dt\right)\\
&\quad + (a\square_{y,x} + b\square_{y,y} + c\square_{y,z})\left(\chi_i + \int_0^t \mathrm{X}_i dt\right)\\
&\quad + (a\square_{z,x} + b\square_{z,y} + c\square_{z,z})\left(\psi_i + \int_0^t \Psi_i dt\right),
\end{aligned}$$

$$(28)\quad \left\{\begin{aligned} \xi &= \square_{x,x}\varphi_{,} + \square_{x,y}\chi_{,} + \square_{x,z}\psi_{,} \\ &+ \int_0^t (\square_{x,x}\Phi_{,} + \square_{x,y}X_{,} + \square_{x,z}\Psi_{,})dt, \\ \eta &= \square_{y,x}\varphi_{,} + \square_{y,y}\chi_{,} + \square_{y,z}\psi_{,} \\ &+ \int_0^t (\square_{y,x}\Phi_{,} + \square_{y,y}X_{,} + \square_{y,z}\Psi_{,})dt, \\ \zeta &= \square_{z,x}\varphi_{,} + \square_{z,y}\chi_{,} + \square_{z,z}\psi_{,} \\ &+ \int_0^t (\square_{z,x}\Phi_{,} + \square_{z,y}X_{,} + \square_{z,z}\Psi_{,})dt. \end{aligned}\right.$$

» Ainsi, en définitive, les valeurs de

$$\xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

que renferment les intégrales générales des équations des mouvements infiniment petits, pour un système homogène de molécules, étant considérées comme fonctions de

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

dépendent uniquement de l'intégrale sextuple qui constitue le second membre de l'équation (26) et de celles qu'on en déduit en remplaçant la première des six fonctions

$$\varphi(\lambda,\mu,\nu),\ \chi(\lambda,\mu,\nu),\ \psi(\lambda,\mu,\nu),\ \Phi(\lambda,\mu,\nu),\ X(\lambda,\mu,\nu),\ \Psi(\lambda,\mu,\nu),$$

par l'une des cinq autres.

» On ne doit pas oublier que, dans les formules (23) et (26), u, v, w ont des valeurs imaginaires égales aux produits des variables auxiliaires

$$\mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w},$$

par $\sqrt{-1}$. Si d'ailleurs on pose, pour plus de commodité,

$$(29)\qquad s = \mathrm{s}\sqrt{-1}$$

la valeur de s pouvant être réelle ou imaginaire, l'équation (26) donnera

$$(30)\quad \varphi_{,} = \frac{1}{2}\iiiint\!\!\iint \frac{\varphi(\lambda,\mu,\nu)}{\mathfrak{F}} e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\mathrm{s}t]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}.$$

» Si l'on désigne par ϖ l'une quelconque des lettres

$$\varphi,\ \chi,\ \psi,\ \Phi,\ X,\ \Psi,$$

on pourra généralement à la formule (30) substituer la suivante

$$(31)\quad \varpi_{,} = \frac{1}{2}\iiiint\!\!\iint \frac{\varpi(\lambda,\mu,\nu)}{\mathfrak{F}} e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-\mathrm{s}t]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\pi)^3}.$$

Si d'ailleurs on nomme

$$\mathfrak{s}$$

le second membre de l'une quelconque des formules (20), et si l'on représente par

$$\Box$$

ce que devient ce second membre, quand on y remplace les lettres

$$u,\ v,\ w,\ s,$$

par les caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t;$$

alors, en posant pour abréger

(32) $$\frac{\mathfrak{s}}{\mathfrak{F}} = \Theta,$$

on trouvera

(33) $$\Box\varpi_t = \frac{1}{2}\iiiiiint \Theta\varpi(\lambda,\mu,\nu)\, e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)-st]\sqrt{-1}} \frac{d\lambda\, d\mu\, d\nu\, d\mathrm{u}\, d\mathrm{v}\, d\mathrm{w}}{(2\varpi)^3}.$$

Cette dernière équation, dans laquelle ϖ représente l'une quelconque des lettres

$$\varphi,\ \chi,\ \psi,\ \Phi,\ \mathrm{X},\ \Psi,$$

et $\Box$ l'une quelconque des caractéristiques

$$\Box_{x,x},\quad \Box_{y,y},\quad \Box_{z,z},\quad \Box_{y,z},\quad \Box_{z,x},\quad \Box_{x,y},$$

fournira les valeurs des expressions

$$\Box_{x,x}\varphi_t,\ \Box_{x,y}\varphi_t, \ldots\ \Box_{x,y}\chi_t, \ldots\ \Box_{x,x}\Phi_t,\ \Box_{x,y}\Phi_t, \ldots\ \Box_{x,y}\mathrm{X}_t, \ldots$$

comprises dans les valeurs générales de

$$\xi_t,\ \eta_t,\ \zeta_t.$$

» Posons maintenant

(34) $$\mathrm{k} = \sqrt{\mathrm{u}^2 + \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2}, \quad \rho = \sqrt{(x-\lambda)^2 + (y-\mu)^2 + (z-\nu)^2},$$

et

(35) $$s = \mathrm{k}\omega.$$

Si l'on considère les trois variables auxiliaires

$$\mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w},$$

comme représentant des coordonnées rectangulaires, on pourra les transformer en trois coordonnées polaires dont la première serait le rayon vecteur k, à l'aide d'équations de la forme

(36) $$\mathrm{u} = \mathrm{k}\cos \mathrm{p}, \quad \mathrm{v} = \mathrm{k}\sin \mathrm{p}\cos \mathrm{q}, \quad \mathrm{w} = \mathrm{k}\sin \mathrm{p}\sin \mathrm{q}.$$

Pareillement, si l'on considère les trois variables auxiliaires

$$\lambda,\ \mu,\ \nu,$$

ou plutôt les trois différences

$$x-\lambda,\quad y-\mu,\quad z-\nu,$$

comme représentant des coordonnées rectangulaires, on pourra les transformer en trois coordonnées polaires dont la première soit le rayon vecteur ρ, à l'aide d'équations de la forme

$$(37)\quad x-\lambda=\rho\cos\theta,\quad y-\mu=\rho\sin\theta\cos\tau,\quad z-\nu=\rho\sin\theta\sin\tau.$$

Faisons d'ailleurs

$$\cos\delta=\frac{\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)}{k\rho},$$

ou, ce qui revient au même,

$$(38)\quad \cos\delta=\cos p\cos\theta+\sin p\cos q\sin\theta\cos\tau+\sin p\sin q\sin\theta\sin\tau.$$

Comme, en désignant par

$$f(x,y,z)$$

une fonction des trois variables x, y, z, on aura généralement, eu égard aux formules (34),

$$(39)\quad \begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\mathrm{u},\mathrm{v},\mathrm{w})d\mathrm{u}d\mathrm{v}d\mathrm{w}=\int_{0}^{\infty}\int_{0}^{2\pi}\int_{0}^{\pi} f(\mathrm{u},\mathrm{v},\mathrm{w})k^2\sin p\,dp\,dq\,dk \\ \qquad =\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{0}^{2\pi}\int_{0}^{\pi} f(\mathrm{u},\mathrm{v},\mathrm{w})\,k^2\sin p\,dp\,dq\,dk, \end{cases}$$

et eu égard aux formules (35)

$$(40)\quad \begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(x-\lambda,y-\mu,z-\nu)d\lambda d\mu d\nu=-\int_{0}^{\infty}\int_{0}^{2\pi}\int_{0}^{\pi} f(x-\lambda,y-\mu,z-\nu)\rho^2\sin\theta\,d\theta\,d\tau\,d\rho \\ \qquad =-\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{0}^{2\pi}\int_{0}^{\pi} f(x-\lambda,y-\mu,z-\nu)\,\rho^2\sin\theta\,d\theta\,d\tau\,d\rho, \end{cases}$$

la formule (31) donnera

$$(41)\quad \varpi_{,}=-\int\int\int\int\int\int\frac{\varpi(\lambda,\mu,\nu)}{\mathrm{F}}e^{\mathrm{k}(\rho\cos\delta-\omega t)\sqrt{-1}}\,\mathrm{k}^2\rho^2\sin p\sin\theta\,\frac{dp\,dq\,d\mathrm{k}\,d\theta\,d\tau\,d\rho}{(4\pi)^3},$$

les intégrations étant effectuées par rapport aux variables k et ρ entre les limites $-\infty,\ \infty$; par rapport aux variables p et θ entre les limites $0, \pi$ et par rapport aux variables q et τ entre les limites $0, 2\pi$. Enfin, comme on aura identiquement

$$\mathrm{k}^2 e^{-\mathrm{k}\omega t\sqrt{-1}}=-\frac{1}{\omega^2}\mathrm{D}_t^2 e^{-\mathrm{k}\omega t\sqrt{-1}},$$

on tirera de la formule (41)

$$(42)\quad \varpi_s = D_t^2 \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{\varpi(\lambda,\mu,\nu)}{\omega^2 F} e^{k(\rho\cos\delta-\omega t)\sqrt{-1}} \rho^2 \sin p \sin\theta \frac{dp\,dq\,dk\,d\theta\,d\tau\,d\rho}{(4\pi)^3};$$

et comme pour passer de la formule (31) à la formule (33), il suffit de remplacer dans le second membre $\frac{1}{F}$ par Θ, on aura encore

$$(43)\quad \square\varpi_s = D_t^2 \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{\Theta}{\omega^2} \varpi(\lambda,\mu,\nu) e^{k(\rho\cos\delta-\omega t)\sqrt{-1}} \rho^2 \sin p \sin\theta \frac{dp\,dq\,dk\,d\theta\,d\tau\,d\rho}{(4\pi)^3}.$$

Ce n'est pas tout. Si, dans les formules (40) et (41), on remplace

$$k \text{ par } \frac{k}{\cos\delta},$$

on devra en même temps, pour que les limites de l'intégration relative à k ne soient pas interverties, remplacer

$$dk \text{ par } \frac{dk}{\sqrt{\cos^2\delta}},$$

et par suite les formules (41), (43) donneront

$$(44)\quad \varpi_s = \frac{D_t^2}{(4\pi)^3} \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{\varpi(\lambda,\mu,\nu)}{\omega^2 F} e^{k\left(\rho-\frac{\omega t}{\cos\delta}\right)\sqrt{-1}} \rho^2 \sin p \sin\theta \frac{dp\,dq\,dk\,d\theta\,d\tau\,d\rho}{\sqrt{\cos^2\delta}},$$

$$(45)\quad \square\varpi_s = \frac{D_t^2}{(4\pi)^3} \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{\Theta}{\omega^2} \varpi(\lambda,\mu,\nu) e^{k\left(\rho-\frac{\omega t}{\cos\delta}\right)\sqrt{-1}} \rho^2 \sin p \sin\theta \frac{dp\,dq\,dk\,d\theta\,d\tau\,d\rho}{\sqrt{\cos^2\delta}}.$$

Les formules (41) ou (42) et (43) peuvent être simplifiées dans quelques cas dignes de remarque.

» Supposons, pour fixer les idées, que

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{R},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{P},$$

soient des fonctions homogènes et du second degré de u, v, w. La fonction

$$F(u,\ v,\ w,\ s)$$

sera elle-même une fonction homogène de u, v, w, s. Donc alors, eu égard aux formules (8), (29), (35) et (36), l'équation (4) pourra être réduite à

$$(46)\qquad F(\mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w},\ \mathrm{s}) = 0,$$

ou même à

$$(47)\qquad F(\cos p,\ \sin p\cos q,\ \sin p\sin q,\ \omega) = 0.$$

Alors aussi Θ, étant une fonction de u, v, w, s, homogène et d'un degré nul, dépendra uniquement de

$$\mathrm{p},\ \mathrm{q},\ \omega,$$

par conséquent de p, q; et comme, en supposant ω réel, on aura généralement

$$(48)\qquad \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\rho)e^{\pm \mathrm{k}\left(\rho-\frac{\omega t}{\cos\delta}\right)\sqrt{-1}}\,d\mathrm{k}\,d\rho = 2\pi f\left(\frac{\omega t}{\cos\delta}\right),$$

la formule (45) pourra, dans cette supposition, être réduite à

$$(49)\qquad \square\varpi_{,} = \frac{\mathrm{D}_t^2}{2^5\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} \Theta t^2\varpi(\lambda,\mu,\nu)\sin p\sin\theta\,\frac{dp\,dq\,d\theta\,d\tau}{\cos^2\delta\sqrt{\cos^2\delta}},$$

les valeurs de λ, μ, ν, étant déterminées par les équations

$$(50)\qquad x-\lambda = \frac{\omega t}{\cos\delta}\cos\theta,\quad y-\mu = \frac{\omega t}{\cos\delta}\sin\theta\cos\tau,\quad z-\nu = \frac{\omega t}{\cos\delta}\sin\theta\sin\tau.$$

En vertu de l'équation (49), chacune des intégrales générales des mouvements infiniment petits prendra la forme que j'ai indiquée dans le *Bulletin des Sciences* d'avril 1830, et la discussion de ces intégrales conduira immédiatement aux résultats énoncés dans ce Bulletin, et dans le n° 17 des *Comptes rendus* des séances de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1839.

» Au reste, je reviendrai dans un autre Mémoire sur les conséquences importantes qui se déduisent de la formule (49), et de plusieurs autres formules comprises dans l'équation (42). On doit surtout remarquer le cas où la fonction

$$\mathrm{F}(u, v, w, s) = \mathrm{F}(\mathrm{u}\sqrt{-1},\ \mathrm{v}\sqrt{-1},\ \mathrm{w}\sqrt{-1},\ \mathrm{s}\sqrt{-1}),$$

se réduit à une fonction de s et de $\mathrm{u}^2+\mathrm{v}^2+\mathrm{w}^2 = k^2$, ou plus généralement à une fonction de s et de W, la lettre W représentant une fonction homogène et du second degré de u, v, w.

» Alors, en vertu d'un théorème que j'ai donné dans la 49e livraison des *Exercices de Mathématiques*, l'intégrale quadruple renfermée dans le second membre de l'équation (49) peut se réduire à une intégrale double, comme je l'ai montré dans un Mémoire présenté à l'Académie le 17 mai 1830. (Voyez aussi le Mémoire qui termine le 20e cahier du *Journal de l'École Polytechnique*.) »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur les mouvements infiniment petits de deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ Ier. *Équation d'équilibre et de mouvement de ces deux systèmes.*

« Considérons deux systèmes de molécules qui coexistent dans une portion donnée de l'espace. Soient au premier instant, et dans l'état d'équilibre

x, y, z, les coordonnées d'une molécule $\mathfrak{m}$ du premier système,
ou d'une molécule $\mathfrak{m}_{,}$ du second système,
$x+\mathrm{x}, y+\mathrm{y}, z+\mathrm{z}$ les coordonnées d'une autre molécule m du 1er système,
ou d'une autre molécule $m_{,}$ du 2e système,
r le rayon vecteur mené de la molécule $\mathfrak{m}$ ou $\mathfrak{m}_{,}$, à la molécule m ou $m_{,}$;

on aura

$$(1) \qquad r^2 = \mathrm{x}^2 + \mathrm{y}^2 + \mathrm{z}^2,$$

et les cosinus des angles formés par le rayon vecteur r avec les demi-axes des coordonnées positives, seront respectivement

$$\frac{\mathrm{x}}{r}, \quad \frac{\mathrm{y}}{r}, \quad \frac{\mathrm{z}}{r}.$$

Supposons d'ailleurs que l'attraction ou la répulsion mutuelle des deux masses $\mathfrak{m}$ et m ou $\mathfrak{m}_{,}$ et $m_{,}$, étant proportionnelle à ces masses, et une fonction de la distance r, soit représentée, au signe près, par

$$\mathfrak{m}m\mathrm{f}(r)$$

pour les molécules $\mathfrak{m}$ et m, et par

$$\mathfrak{m}m_{,}\mathrm{f}_{,}(r)$$

pour les molécules $\mathfrak{m}$ et $m_{,}$, chacune des fonctions

$$\mathrm{f}(r), \quad \mathrm{f}_{,}(r)$$

désignant une quantité positive, lorsque les molécules s'attirent, et négative, lorsqu'elles se repoussent. Les projections algébriques de la force

$$\mathfrak{m}m\mathrm{f}(r) \quad \text{ou} \quad \mathfrak{m}m_{,}\mathrm{f}_{,}(r)$$

sur les axes coordonnés, seront les produits de cette force par les cosinus des angles que forme le rayon vecteur r avec ces axes, et, en consé-

quence, si l'on fait pour abréger

$$(2) \qquad \frac{\mathrm{f}(r)}{r} = f(r), \quad \frac{\mathrm{f}_{\prime}(r)}{r} = f_{\prime}(r),$$

elles se réduiront, pour la force $\mathfrak{m}m\mathrm{f}(r)$, à

$$\mathfrak{m}m\mathrm{x}f(r), \quad \mathfrak{m}m\mathrm{y}f(r), \quad \mathfrak{m}m\mathrm{z}f(r);$$

et, pour la force $\mathfrak{m}m_{\prime}\mathrm{f}_{\prime}(r)$, à

$$\mathfrak{m}m_{\prime}\mathrm{x}f_{\prime}(r), \quad \mathfrak{m}m_{\prime}\mathrm{y}f_{\prime}(r), \quad \mathfrak{m}m_{\prime}\mathrm{z}_{\prime}f(r).$$

Cela posé, les équations d'équilibre de la molécule $\mathfrak{m}$ seront évidemment

$$(3) \qquad \begin{cases} 0 = \mathrm{S}\,[m\mathrm{x}f(r)] + \mathrm{S}\,[m_{\prime}\mathrm{x}f_{\prime}(r)], \\ 0 = \mathrm{S}\,[m\mathrm{y}f(r)] + \mathrm{S}\,[m_{\prime}\mathrm{y}f_{\prime}(r)], \\ 0 = \mathrm{S}\,[m\mathrm{z}f(r)] + \mathrm{S}\,[m_{\prime}\mathrm{z}_{\prime}f(r)], \end{cases}$$

la lettre caractéristique S indiquant une somme de termes semblables entre eux et relatifs aux diverses molécules m du premier système, ou aux diverses molécules $m_{\prime}$ du second système.

» Concevons maintenant que les diverses molécules

$$\mathfrak{m}, m, \ldots \mathfrak{m}_{\prime}, m_{\prime}, \ldots$$

viennent à se mouvoir. Soient alors, au bout du temps t,

$$\xi, \eta, \zeta,$$

les déplacements de la molécule $\mathfrak{m}$, et

$$\xi_{\prime}, \eta_{\prime}, \zeta_{\prime},$$

les déplacements de la molécule m, mesurés parallèlement aux axes coordonnés. Soient d'ailleurs

$$\xi + \Delta\xi, \; \eta + \Delta\eta, \; \zeta + \Delta\zeta,$$

et

$$\xi_{\prime} + \Delta\xi_{\prime}, \; \eta_{\prime} + \Delta\eta_{\prime}, \; \zeta_{\prime} + \Delta\zeta_{\prime},$$

ce que deviennent ces déplacements, lorsqu'on passe de la molécule $\mathfrak{m}$ à la molécule m, ou de la molécule $\mathfrak{m}_{\prime}$ à la molécule $m_{\prime}$. Les coordonnées de la molécule $\mathfrak{m}$, au bout du t, seront

$$x + \xi, \; y + \eta, \; z + \zeta,$$

tandis que celles de la molécule m ou $m_{\prime}$ seront

$$x + \mathrm{x} + \xi + \Delta\xi, \quad y + \mathrm{y} + \eta + \Delta\eta, \quad z + \mathrm{z} + \zeta + \Delta\zeta,$$

ou

$$x + \mathrm{x} + \xi_{,} + \Delta\xi_{,}, \quad y + \mathrm{y} + \eta_{,} + \Delta\eta_{,}, \quad z + \mathrm{z} + \zeta_{,} + \Delta\zeta_{,}.$$

Soient à cette même époque

$$r + \rho$$

la distance des molécules $\mathfrak{m}$, m, et

$$r + \rho_{,}$$

la distance des molécules $\mathfrak{m}$, $m_{,}$. La distance

$$r + \rho$$

offrira pour projections algébriques sur les axes des x, y, z, les différences entre les coordonnées des molécules $\mathfrak{m}$, m, savoir :

$$\mathrm{x} + \Delta\xi, \quad \mathrm{y} + \Delta\eta, \quad \mathrm{z} + \Delta\zeta;$$

tandis que la différence

$$r + \rho_{,}$$

offrira pour projections algébriques les distances entre les coordonnées des molécules $\mathfrak{m}$, $m_{,}$, savoir

$$\mathrm{x} + \xi_{,} - \xi + \Delta\xi_{,}, \quad \mathrm{y} + \eta_{,} - \eta + \Delta\eta_{,}, \quad \mathrm{z} + \zeta_{,} - \zeta + \Delta\zeta_{,}.$$

On aura en conséquence

$$(4) \quad \begin{cases} (r+\rho)^2 = (\mathrm{x} + \Delta\xi)^2 + (\mathrm{y} + \Delta\eta)^2 + (\mathrm{z} + \Delta\zeta)^2, \\ (r+\rho_{,})^2 = (\mathrm{x}+\xi_{,}-\xi+\Delta\xi_{,})^2 + (\mathrm{y}+\eta_{,}-\eta+\Delta\eta_{,})^2 + (\mathrm{z}+\zeta_{,}-\zeta+\Delta\zeta_{,})^2. \end{cases}$$

Cela posé, pour déduire les équations du mouvement de la molécule $\mathfrak{m}$ de ses équations d'équilibre, c'est-à-dire des formules (3), il suffira évidemment de remplacer, dans ces formules, les premiers membres par

$$\frac{d^2\xi}{dt^2}, \quad \frac{d^2\eta}{dt^2}, \quad \frac{d^2\zeta}{dt^2},$$

puis de substituer à la distance

$$r$$

et à ses projections algébriques

$$\mathrm{x}, \ \mathrm{y}, \ \mathrm{z},$$

1° dans les premiers termes des seconds membres, la distance

$$r + \rho$$

et ses projections algébriques

$$\mathrm{x} + \Delta\xi, \quad \mathrm{y} + \Delta\eta, \quad \mathrm{z} + \Delta\zeta;$$

2° dans les derniers termes des seconds membres, la distance

$$r + \rho_{\prime}$$

et ses projections algébriques

$$x + \xi_{\prime} - \xi + \Delta\xi_{\prime},\ y + \eta_{\prime} - \eta + \Delta\eta_{\prime},\ z + \zeta_{\prime} - \zeta + \Delta\zeta_{\prime}.$$

En opérant ainsi, on trouve

$$(5)\begin{cases}\frac{d^2\xi}{dt^2} = S[m(x+\Delta\xi)f(r+\rho)] + S[m(x+\xi_{\prime}-\xi+\Delta\xi_{\prime})f(r+\rho_{\prime})],\\ \frac{d^2\eta}{dt^2} = S[m(y+\Delta\eta)f(r+\rho)] + S[m(y+\eta_{\prime}-\eta+\Delta\eta_{\prime})f(r+\rho_{\prime})],\\ \frac{d^2\zeta}{dt^2} = S[m(z+\Delta\zeta)f(r+\rho)] + S[m(z+\zeta_{\prime}-\zeta+\Delta\zeta_{\prime})f(r+\rho_{\prime})].\end{cases}$$

» On établirait avec la même facilité les équations d'équilibre ou les équations de mouvement de la molécule $\mathfrak{m}_{\prime}$. En effet, supposons que l'attraction ou la répulsion mutuelle des deux masses $\mathfrak{m}_{\prime}$ et $m_{\prime}$ ou $\mathfrak{m}_{\prime}$ et m, étant proportionnelle à ces masses et à une fonction de la distance r, soit représentée, au signe près, par

$$\mathfrak{m}_{\prime} m_{\prime} \mathrm{f}_{\prime\prime}(r)$$

pour les molécules $\mathfrak{m}_{\prime}$ et $m_{\prime}$; elle devra être représentée par

$$\mathfrak{m}_{\prime} m \mathrm{f}_{\prime}(r)$$

pour les molécules $\mathfrak{m}_{\prime}$ et m, l'action mutuelle de $\mathfrak{m}_{\prime}$ et m étant de même nature que l'action mutuelle de $m_{\prime}$ et $\mathfrak{m}$. Donc, si l'on pose pour abréger

$$(6) \qquad f_{\prime\prime}(r) = \frac{\mathrm{f}_{\prime\prime}(r)}{r},$$

les équations d'équilibre de la molécule $\mathfrak{m}$ se réduiront non plus aux formules (3), mais aux suivantes :

$$(7) \qquad \begin{cases} 0 = S[m_{\prime}\, x\, f_{\prime\prime}(r)] + S[m\, x\, f_{\prime}(r)],\\ 0 = S[m_{\prime}\, y\, f_{\prime\prime}(r)] + S[m\, x\, f_{\prime}(r)],\\ 0 = S[m_{\prime}\, z\, f_{\prime\prime}(r)] + S[m\, x\, f_{\prime}(r)].\end{cases}$$

» Concevons d'ailleurs, qu'au bout du temps t, la distance des molécules $\mathfrak{m}_{\prime}$, $m_{\prime}$ soit représentée par

$$r + \rho_{\prime\prime}$$

et celles de molécules $\mathfrak{m}_{\prime}$, m par

$$r + {}_{\prime}\rho.$$

On aura

$$(8)\begin{cases}(r+\rho_{\prime\prime})^2=(\mathrm{x}+\Delta\xi_\prime)^2+(\mathrm{y}+\Delta\eta_\prime)^2+(\mathrm{z}+\Delta\zeta_\prime)^2\\ (r+{}_\prime\rho)^2=(\mathrm{x}+\xi-\xi_\prime+\Delta\xi)^2+(\mathrm{y}+\eta-\eta_\prime+\Delta\eta)^2+(\mathrm{z}+\zeta-\zeta_\prime+\Delta\zeta_\prime)^2;\end{cases}$$

et les équations du mouvement de la molécule $m_\prime$ seront

$$(9)\begin{cases}\frac{d^2\xi_\prime}{dt^2}=\mathrm{S}[m_\prime(\mathrm{x}+\Delta\xi_\prime)f_{\prime\prime}(r+\rho_{\prime\prime})]+\mathrm{S}[m(\mathrm{x}+\xi-\xi_\prime+\Delta\xi)f_\prime(r+{}_\prime\rho)],\\ \frac{d^2\eta_\prime}{dt^2}=\mathrm{S}[m_\prime(\mathrm{y}+\Delta\eta_\prime)f_{\prime\prime}(r+\rho_{\prime\prime})]+\mathrm{S}[m(\mathrm{y}+\eta-\eta_\prime+\Delta\eta)f_\prime(r+{}_\prime\rho)],\\ \frac{d^2\zeta_\prime}{dt^2}=\mathrm{S}[m_\prime(\mathrm{z}+\Delta\zeta_\prime)f_{\prime\prime}(r+\rho_{\prime\prime})]+\mathrm{S}[m(\mathrm{z}+\zeta-\zeta_\prime+\Delta\zeta)f_\prime(r+{}_\prime\rho)].\end{cases}$$

» Si dans chacune des formules (5) on réduit le dernier terme du second membre à zéro, on retrouvera précisément les équations du mouvement d'un seul système de molécules sollicitées par des forces d'attraction et de répulsion mutuelle, et pour ramener ces équations à la forme sous laquelle je les ai présentées dans le Mémoire sur la *Dispersion de la lumière*, il suffirait d'écrire εr au lieu de ρ, $\frac{\mathrm{f}(r)}{r}$ au lieu de $f(r)$ et $r\cos\alpha$, $r\cos\beta$, $r\cos\gamma$ au lieu de x, y, z.

» Les équations qui précèdent, et celles que nous en déduirons dans les paragraphes suivants, doivent comprendre, comme cas particuliers, les formules dont M. Lloyd a fait mention dans un article fort intéressant, publié sous la date du 9 janvier 1837, où l'auteur, convaincu qu'on ne pouvait résoudre complétement le problème de la propagation des ondes, sans tenir compte des actions des molécules des corps, annonce qu'il est parvenu à la solution dans le cas le plus simple, savoir, lorsque les molécules de l'éther et des corps sont uniformément distribuées dans l'espace. [*Proceedings of the royal Irish Academy, for the year* 1836—37.] »

PHYSIQUE. — *Des piles électro-chimiques et de leur emploi pour la formation des sulfures métalliques par cémentation, et d'autres produits; par* M. BECQUEREL.

« J'ai fait connaître à l'Académie, il y a quelques années, plusieurs procédés électro-chimiques à l'aide desquels on obtient cristallisés les sulfures de cuivre, d'argent, de fer, de plomb, etc. Mon attention a été portée de nouveau sur cette question en examinant plusieurs pièces d'argent qui avaient été changées entièrement en sulfure, par suite de leur séjour prolongé dans une fosse d'aisance. La surface de ces pièces est recouverte de petits cristaux octaèdres, et leur texture est cristalline. La transforma-

tion de l'argent métallique en sulfure a dû s'effectuer nécessairement par cémentation, puisque les pièces n'ont pas perdu leur forme.

» Voulant imiter cette transformation, au moyen des actions électro-chimiques, je fus obligé de changer les procédés dont j'avais fait usage jusqu'ici, attendu qu'ils ne pouvaient me conduire à la solution de la question. Celui que je leur ai substitué m'a conduit à des résultats importants pour la chimie en général, et l'électro-chimie en particulier.

» L'appareil dont je me suis servi se compose d'un certain nombre de tubes recourbés en U, de douze ou quinze centimètres de haut, et de un centimètre de diamètre. Chaque tube est disposé de la manière suivante : On met, comme à l'ordinaire, au fond du tube, de l'argile humectée d'eau, de manière à occuper une étendue de six à sept centimètres, et l'on place sur l'argile, dans chaque branche, un tampon de coton, afin d'empêcher que les produits formés ne se mêlent avec l'argile. Dans une des branches, on verse une solution de protosulfure de potassium; dans l'autre une dissolution assez concentrée de nitrate de cuivre. Dans la première, on plonge une lame d'argent; dans l'autre, une lame de cuivre. Six tubes sont disposés de la même manière ; puis l'on prend une planche de quinze millimètres d'épaisseur, d'une largeur et d'une longueur convenables, et l'on pratique dans son épaisseur des entailles pour y fixer, avec du mastic, la partie recourbée de chaque tube ; ces tubes sont disposés de manière que la branche qui renferme du nitrate de cuivre soit placée vis-à-vis de celle qui renferme du protosulfure de potassium. Ces dispositions faites, on réunit un certain nombre d'éléments ensemble pour en faire une pile. Il suffit, pour cela, de faire communiquer le cuivre du premier avec l'argent du second, et le cuivre du second avec l'argent du troisième, et ainsi de suite jusqu'au dernier; alors, pour fermer le circuit, on met en relation le cuivre du dernier avec l'argent du premier. Voilà une véritable pile à laquelle je donne le nom de pile électro-chimique, parce qu'elle fonctionne comme pile, tout en opérant des réactions chimiques dans l'intérieur des tubes. On conçoit qu'on peut former ainsi des appareils d'une grande énergie, et dont les effets sont sensibles au bout de très peu de temps, surtout quand l'argile qui est du côté du sulfure est humectée avec une solution de ce sulfure et l'argile qui est dans l'autre branche avec une solution de nitrate. Au moyen de cette disposition, les deux dissolutions réagissent immédiatement l'une sur l'autre.

» Cinq ou six heures après que l'un des appareils a commencé à fonctionner, on a aperçu des cristaux de cuivre métallique sur les lames de

cuivre, signe caractéristique de l'existence des actions électro-chimiques. Douze heures après, les lames d'argent étaient recouvertes de cristaux qui, essayés, ont été trouvés composés d'argent et de soufre. L'action a continué sans interruption pendant plus de quinze jours, après quoi les lames, sans avoir perdu leurs formes, furent transformées en sulfures dont l'aspect était le même que celui des pièces d'argent qui avaient séjourné pendant un certain nombre d'années dans une fosse d'aisance. On obtient les mêmes résultats avec un élément, mais il faut plus de temps. Rien n'est plus simple que d'expliquer les effets produits : l'argent dans chaque tube, étant attaqué par le sulfure, prend l'électricité négative qu'il transmet au cuivre; d'un autre côté, le sulfure de potassium, dans sa réaction sur le nitrate, s'empare de l'électricité négative qu'il transmet à l'argent et par suite au cuivre. Il résulte de là que ce dernier est doublement négatif, comme l'argent lui-même est doublement positif. Pareil effet ayant lieu dans chaque tube, il s'ensuit que lorsqu'ils sont réunis en pile, l'action doit être énergique.

» Analysons maintenant les effets produits. Le nitrate de cuivre est décomposé par la lame de même métal qui est négative : l'oxigène et l'acide nitrique sont transportés sur l'argent dans le protosulfure de potassium; l'oxigène oxide, le potassium et l'acide nitrique se combinent avec la potasse formée, tandis que le soufre se porte sur l'argent, se combine avec lui, forme du sulfure qui cristallise en raison des actions lentes. Une fois la surface de l'argent recouverte d'une couche de sulfure qui ne fait que d'y adhérer, le soufre se glisse entre les interstices des petits cristaux formés, et donne naissance à une seconde couche de cristaux de sulfure, et ainsi de suite jusqu'au centre de la lame; celle-ci augmente de volume, sans changer de forme, par suite de ces dépôts successifs dont les intervalles sont invisibles, même au microscope. La réunion de tous ces dépôts forme une masse compacte ayant une texture cristalline. Voilà une véritable cémentation, et il est probable que celles qui ont lieu dans la nature sont produites par un mode d'action semblable. On conçoit effectivement qu'un courant électrique qui traverse tous les corps puisse déposer dans leur intérieur des éléments, lorsque les interstices moléculaires sont assez étendus pour que ces éléments puissent passer. J'expose là un fait et non une idée théorique.

» Avant de passer aux résultats obtenus avec d'autres métaux, je dois revenir sur le changement que les pièces d'argent ont éprouvé dans la fosse d'aisance.

» On sait que l'argent éprouve une altération rapide dans les milieux où il existe des sulfures qui peuvent lui céder une portion de leur soufre, tandis que les autres parties s'oxident. Si l'action est lente, la masse d'argent se change en sulfure ayant une structure cristalline, sans que la forme ait changé, quoique le volume ait augmenté.

» Dans les fosses d'aisance, cette transformation s'opère fréquemment en raison des sulfures qui s'y trouvent. Pour que l'action électro-chimique s'opère comme dans l'expérience précédente, il suffit que l'argent soit en contact avec une matière carbonacée, suffisamment conductrice, et qu'il y ait de l'air pour remplacer l'oxigène qui provient de la réduction de l'oxide de cuivre dans l'expérience précitée. Je ne fais donc, dans mes expériences, que de réunir les circonstances les plus favorables pour la production du phénomène, circonstances qui ne se trouvent pas toujours réunies dans la nature.

» Passons maintenant à la formation des sulfures de cuivre et de plomb, en employant toujours l'action des piles électro-chimiques dont la force peut être augmentée à volonté suivant l'énergie des affinités que l'on veut faire naître.

» Avec le cuivre, les effets varient suivant qu'on opère avec une solution de persulfure de potassium concentrée, ou une solution de protosulfure, également concentrée. Dans le premier cas, au bout de peu de jours, on commence à apercevoir quelquefois, sur les parois du tube, de belles aiguilles blanches radiées d'un double sulfure insoluble de potassium et de cuivre, tout-à-fait inaltérable à l'air. Ce composé, traité par l'acide nitrique, donne du nitrate de potasse et du nitrate de cuivre avec dégagement de gaz nitreux. La lame se recouvre quelquefois de cristaux de soufre et de petits tubercules de la même substance. On retrouve, en outre, du nitrate de potasse dans la solution. Ces effets ont particulièrement été obtenus en ajoutant dans celle-ci une petite quantité de sucre dans le but de produire une réaction sur laquelle je m'expliquerai dans un autre Mémoire. Si l'on continue l'opération, l'acide nitrique et l'oxigène arrivant constamment, réagissent sur les produits formés, les décomposent, donnent naissance à du sulfate et à du nitrate de potasse, puis à des cristaux de sulfure de cuivre irisés qui sont mêlés de soufre en aiguille. Il est donc nécessaire d'arrêter l'expérience à temps, si l'on veut conserver les premiers produits formés. Avec le protosulfure de potassium, les réactions sont les mêmes qu'avec l'argent, c'est-à-dire qu'il se forme un sulfure de cuivre cristallisé d'un aspect gris métallique, en cristaux micros-

copiques, dont il est difficile de déterminer la forme en raison de leur petitesse.

» On obtient également cette réaction avec le persulfure quand le courant électrique a une certaine intensité. Je ferai remarquer qu'il est souvent difficile de prévoir, quand on se sert d'un appareil électro-chimique composé de trois à six éléments, les effets qui seront produits, attendu qu'ils dépendent de circonstances imprévues relatives à la conductibilité des divers éléments.

» Le plomb, avec le protosulfure de potassium, donne lieu d'abord à des réactions analogues à celles de l'argent, avec cette différence néanmoins, que le sulfure est d'abord pulvérulent; mais quand la dissolution est devenue moins concentrée, il se forme des masses tuberculeuses de sulfure de plomb brillant, d'un aspect cristallin, semblable à celui de la galène. On obtient aussi quelquefois un double sulfure de plomb et de potassium en aiguille blanche.

» En général, les substances formées ont l'aspect de celles qui leur correspondent dans la nature.

» Il résulte des faits exposés dans ce Mémoire, que les appareils électro-chimiques simples peuvent être réunis en piles dont l'action décomposante, dans chaque appareil, dépend du nombre de ces éléments et qui peuvent produire un grand nombre de composés analogues aux substances minérales. Ces piles, qui agissent avec beaucoup plus d'énergie que les appareils simples dont je me suis servi jusqu'ici, fonctionnent, comme ces derniers, pendant un temps assez long et avec une énergie d'action dont l'électro-chimie pourra désormais tirer parti en ayant l'attention d'enlever successivement les composés produits, si l'on ne veut pas les voir disparaître pour être remplacés par d'autres. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — M. MAGENDIE communique à l'Académie le résultat de quelques expériences sur le système nerveux. En voici le résumé :

« Les nerfs sensitifs et les moteurs rachidiens sont également sensibles quand ils sont les uns et les autres intacts.

» Si l'on coupe les nerfs sensitifs, les nerfs moteurs perdent immédiatement leur sensibilité.

» Si l'on coupe par le milieu les nerfs moteurs, le bout qui reste attaché à la moelle épinière est tout-à-fait insensible; le bout opposé conserve, au contraire, une extrême sensibilité. Dans ce cas la sensibilité va de la circonférence au centre.

» Si l'on coupe les nerfs sensitifs à leur partie moyenne, le bout qui tient à la moelle est très sensible; le bout qui tient au ganglion a perdu, au contraire, toute sa sensibilité.

» M. Magendie se propose de rechercher si cette influence des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs ne se maintiendrait pas dans la moelle entre les divers faisceaux qui la composent et qui eux-mêmes peuvent être distingués en sensitifs et moteurs. »

Note de M. Sturm, *relative au Mémoire de* M. Libri *inséré dans le précédent* Compte rendu.

« M. Liouville a présenté à l'Académie, en février 1838, des observations critiques sur un Mémoire de M. Libri, relatif à la théorie de la chaleur. Cette Note de M. Liouville fut renvoyée à l'examen d'une Commission composée de MM. Poisson, Poinsot et moi. M. Liouville, en publiant sa Note quelque temps après, dans son Journal, nous dégagea de l'obligation de faire un rapport qui pouvait n'être pas favorable à M. Libri. Notre confrère n'ayant fait alors aucune réponse aux objections élevées contre sa méthode, il y avait lieu de croire que la question était suffisamment éclaircie, et la Commission se trouvait excusable de n'avoir pas prononcé son jugement. Malheureusement, M. Libri a voulu renouveler une discussion qui semblait terminée; dans le Mémoire qu'il a lu à la dernière séance de l'Académie, il a affirmé qu'il ne trouve aucun fondement dans les observations de M. Liouville, et il a attaqué à son tour une partie des travaux de ce géomètre. M. Libri a sur M. Liouville l'avantage d'être membre de l'Académie, et il a choisi pour l'accuser d'erreur le moment où M. Liouville se présente comme candidat pour la section d'Astronomie. Il serait fâcheux que le silence de la Commission qui avait été chargée de décider la question controversée, reçût une interprétation défavorable à M. Liouville. Ayant fait partie de cette Commission, je crois accomplir un devoir et n'être que juste envers M. Liouville, en déclarant à l'Académie que sa critique, conçue en termes convenables, m'a paru fondée, et que, dans mon opinion, la méthode de M. Libri et les formules qu'il en a déduites sont inexactes. Je regrette que M. Libri ait rendu nécessaire cette explication qui pourra lui paraître désobligeante: je la devais à l'Académie aussi bien qu'à M. Liouville dont le talent et le caractère ont toute mon estime, et à qui il fallait rendre justice. Je suis d'ailleurs disposé à motiver mon opinion, en discutant avec M. Libri le fond même de la question. »

Réponse de M. Libri *à la Note de* M. Sturm.

« Après la lecture de la Note de M. Sturm, M. Libri prend la parole et fait remarquer à l'Académie tout ce que cette communication a d'insolite. M. Sturm parle comme si la Commission, après avoir examiné la Note de M. Liouville et le Mémoire critiqué dans cette Note, avait pu se former une opinion. *Or, cela est complétement inexact* (1). Jamais la Commission ne s'est assemblée: jamais il n'a été fait de rapport ni aucun projet de rapport: jamais la Commission n'a manifesté son opinion d'une manière quelconque : jamais M. Libri, qui a laissé toute la latitude imaginable aux travaux de la Commission, et qui s'est interdit de faire la moindre remarque critique sur les recherches de M. Liouville, tant que cette Commission a existé, n'a reçu aucune communication à cet égard. Que M. Sturm parle donc pour lui seul, qui formait la minorité de la Commission. D'après la Note précédente, l'Académie jugera si c'est uniquement pour ne pas désobliger un confère que M. Sturm a gardé quatre mois le Mémoire entre les mains et qu'il l'a rendu ensuite à M. Liouville sans qu'il ait été fait ni préparé aucun rapport.

» Pendant que M. Libri continuait de se livrer à l'examen de la Note de M. Sturm, celui-ci a brusquement abandonné la discussion, malgré les instances répétées et les efforts inutiles de M. Libri pour le retenir. Alors, M. Libri a dû compléter ses explications en s'adressant à l'Académie, et il l'a fait en ces termes.

» M. Sturm dit que, pour accuser d'erreur M. Liouville, j'ai choisi le moment où il se présente comme candidat pour la section d'Astronomie. Ici je dois déclarer d'abord que lorsque j'ai écrit mon Mémoire, je n'avais aucune connaissance de la candidature de M. Liouville, qui n'avait fait aucune démarche officielle à ce sujet, et dont la candidature n'avait pas été, comme celle d'autres personnes, annoncée à l'Académie. Je pouvais d'autant moins prévoir cette candidature, que M. Liouville s'étant déjà

(1) La Commission se composait de MM. Biot, Poinsot, Poisson et Sturm. Vérification faite au secrétariat, M. Biot s'est retiré immédiatement de la Commission; M. Poisson n'a gardé la Note de M. Liouville que cinq jours chez lui. Il n'a jamais dit à personne, que je sache, s'il avait pu l'examiner, et il n'a jamais fait connaître son opinion. M. Poinsot, qui assistait à la séance, interpellé par moi à ce sujet, a déclaré que la Note de M. Liouville lui avait, à la vérité, *passé sous les yeux,* mais qu'il ne l'avait pas assez examinée pour se former une opinion. Il a déclaré de plus que la Commission ne s'était jamais assemblée, et que jamais il n'avait été proposé aucun projet de rapport.

plusieurs fois présenté pour la section de Géométrie, je ne devais pas supposer qu'il voulût maintenant donner une autre direction à ses travaux. J'ajouterai, et l'Académie le sait bien, que M. Liouville a été déjà candidat depuis qu'il a commencé à m'attaquer, et tous mes confrères doivent se rappeler que je me suis tenu à son égard dans la plus complète réserve: ce n'est donc pas une occasion, comme on a semblé l'insinuer, que j'ai voulu choisir pour répondre à M. Liouville; j'ai attendu d'avoir complété un travail analytique relatif à un des points sur lesquels j'avais été attaqué. Je repousse formellement toute autre interprétation. »

M. *Auguste de Saint-Hilaire* présente à l'Académie la deuxième édition d'un ouvrage intitulé : *Annales da Provincia de Rio Grande do Sul,* par M. de S. Leopoldo, ouvrage sur lequel il a été fait, en 1833, un rapport verbal fort détaillé. Dans la deuxième édition, l'auteur, dit M. Auguste de Saint-Hilaire, a fait de nombreuses additions; il rectifie quelques erreurs, et son livre peut être présenté comme le meilleur guide que puissent suivre sur cette partie si intéressante et si peu connue de l'Amérique, les historiens, les géographes et les statisticiens.

NOMINATIONS.

Sur la proposition de la section d'Astronomie, l'Académie décide au scrutin et à la majorité de 35 voix contre 6, qu'il y a lieu à procéder au remplacement de M. *Lefrançais de Lalande*.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Démonstration d'un théorème de* M. Libri ; *par* M. Liouville.

« Soit

$$(1) \qquad \frac{d^{m+n}y}{dx^{m+n}} + P_1 \frac{d^{m+n-1}y}{dx^{m+n-1}} + P_2 \frac{d^{m+n-2}y}{dx^{m+n-2}} + \text{etc.} = 0,$$

une équation différentielle linéaire de l'ordre $m + n$, et

$$(2) \qquad \frac{d^m\theta}{dx^m} + Q_1 \frac{d^{m-1}\theta}{dx^{m-1}} + Q_2 \frac{d^{m-2}\theta}{dx^{m-2}} + \text{etc.} = 0,$$

une autre équation différentielle linéaire de l'ordre m dont toutes les in-

tégrales appartiennent en même temps à l'équation (1). La valeur générale de θ renferme m constantes arbitraires, et celle de y doit en contenir $m+n$: cette dernière sera donc de la forme

$$y = \theta + C_1 y_1 + C_2 y_2 + \ldots + C_n y_n,$$

C_1, C_2, ... C_n étant des constantes arbitraires. Maintenant faisons en général

$$(3) \qquad u = \frac{d^m y}{dx^m} + Q_1 \frac{d^{m-1} y}{dx^{m-1}} + Q_2 \frac{d^{m-2} y}{dx^{m-2}} + \text{etc.}$$

En mettant pour y sa valeur dans le second membre de l'équation (3), la quantité θ disparaîtra d'elle-même en vertu de l'équation (2). Le résultat de la substitution sera donc une fonction linéaire des constantes C_1, C_2, ... C_n : par suite u satisfera à une certaine équation différentielle linéaire du $n^{\text{ième}}$ ordre dans laquelle les constantes n'entreront plus. Représentons par

$$(4) \qquad \frac{d^n u}{dx^n} + \alpha_1 \frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}} + \alpha_2 \frac{d^{n-2} u}{dx^{n-2}} + \text{etc.} = 0$$

l'équation de l'ordre n dont il s'agit. Je dis que l'on peut aisément déterminer les coefficients α_1, α_2, etc.

» Pour cela j'observe qu'en différenciant la valeur de u plusieurs fois de suite, on obtient successivement les valeurs de

$$\frac{du}{dx}, \ldots \frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}}, \frac{d^n u}{dx^n},$$

lesquelles sont de la forme

$$\frac{du}{dx} = \frac{d^{m+1} y}{dx^{m+1}} + R_1 \frac{d^m y}{dx^m} + \text{etc.},$$

....

$$\frac{d^{n-1} u}{dx^{n-1}} = \frac{d^{m+n-1} y}{dx^{m+n-1}} + S_1 \frac{d^{m+n-2} y}{dx^{m+n-2}} + \text{etc.},$$

$$\frac{d^n u}{dx^n} = \frac{d^{m+n} y}{dx^{m+n}} + T_1 \frac{d^{m+n-1} y}{dx^{m+n-1}} + \text{etc.}$$

Portant toutes ces valeurs dans l'équation (4), celle-ci devient

$$\frac{d^{m+n} y}{dx^{m+n}} + \left.\begin{matrix} T_1 \\ +\alpha_1 \\ \end{matrix}\right| \frac{d^{m+n-1} y}{dx^{m+n-1}} + \left.\begin{matrix} T_2 \\ +\alpha_1 S_1 \\ +\alpha_2 \end{matrix}\right| \frac{d^{m+n-2} y}{dx^{m+n-2}} + \text{etc.} = 0,$$

de sorte qu'en la comparant à l'équation (1) l'on a

$$T_1 + \alpha_1 = P_1, \quad T_2 + \alpha_1 S_1 + \alpha_2 = P_2, \text{ etc.}$$

On a donc ainsi $m+n$ égalités dont les n premières fournissent successivement et sans intégration les valeurs de α_1, α_2, ... α_n : les suivantes conduisent aux équations de condition qui doivent être remplies pour que l'équation (1) soit vérifiée en posant $y=\theta$. En supposant ces équations de condition satisfaites, l'intégration de l'équation (1), qui est de l'ordre $m+n$, se trouve dépendre de celle des équations (3) et (4) qui sont respectivement de l'ordre m et de l'ordre n. De plus, d'après la manière dont les valeurs des quantités α_1, α_2 ... α_n, sont formées, il est évident qu'elles ne dépendent que des n premiers coefficients des équations (1) et (2); ce qui complète la démonstration du théorème de M. Libri. »

Observations sur le Mémoire de M. Libri, *inséré dans le* Compte rendu *de la dernière séance; par* M. Liouville.

« Mon intention n'est pas d'examiner en détail la première partie de ce Mémoire, où M. Libri s'occupe de ce qu'il nomme la théorie générale des équations différentielles linéaires à deux variables, et dont on ne peut se former qu'une idée très incomplète puisque l'auteur n'y a joint aucun développement analytique. Je me contenterai de faire observer que presque tous les résultats annoncés dans le *Compte rendu* l'avaient été déjà dans le Journal de M. Crelle, où M. Libri a publié ses premiers essais sur ce sujet : j'ajouterai que ces résultats ne me semblent pour la plupart ni très neufs, ni très difficiles à démontrer. Ainsi, le théorème que M. Libri donne comme la base de son travail, et qu'il déduit, dit-il, de ses nouveaux principes, peut être établi directement de la manière la plus simple, sans aucune théorie préliminaire.

» Il y a, dans le Mémoire de M. Libri, une seconde partie rédigée avec un soin tout particulier, et qu'il consacre spécialement à critiquer mes travaux sur la théorie des fonctions finies explicites. Je ne rechercherai pas quel a été ici le but de M. Libri : j'aborderai franchement, et sans préambule, l'objection qu'il oppose à ma méthode, et qui, suivant lui, rend inadmissible la classification des transcendantes dont je me suis servi. Deux mots suffiront, je le crois, pour détruire cette objection.

» Je nomme fonction algébrique toute fonction que l'on peut regarder comme la racine d'une équation d'un degré quelconque à coefficients rationnels : en d'autres termes, y est une fonction algébrique de x lorsqu'on a

$$y^{\mu}+Py^{\mu-1}+Qy^{\mu-2}+\text{etc.}=0,$$

μ étant un nombre entier, et P, Q, etc., des fonctions rationnelles de x. Je représente généralement par le signe $\varpi(x)$ une fonction algébrique de x. Les fonctions que je nomme finies explicites sont celles qui peuvent s'écrire en employant un nombre limité de fois les signes algébriques, exponentiels et logarithmiques, c'est-à-dire les signes $\varpi(x)$, e^x, $\log x$. Les plus simples d'entre elles sont algébriques. On nomme fonctions transcendantes celles qui ne sont pas algébriques. Lorsque dans l'expression d'une fonction non algébrique les caractéristiques transcendantes ne portent que sur des quantités algébriques, la fonction est dite de première espèce. Lorsque dans l'expression d'une fonction qui n'est ni algébrique ni réductible à la première espèce, les caractéristiques transcendantes ne portent que sur des transcendantes de première espèce, la fonction est dite de seconde espèce. Et ainsi de suite.

» Il n'est donc pas exact d'avancer, avec M. Libri, que, dans la classification proposée, la première puissance d'une variable peut être regardée à volonté comme une quantité algébrique ou comme une transcendante d'un ordre pair quelconque. En effet, par cela seul qu'une quantité peut s'écrire à l'aide des seuls signes algébriques, elle est algébrique, bien qu'on puisse à volonté en compliquer l'expression à l'aide de transcendantes qui se détruisent, en remplaçant par exemple x par $e^{\log x}$. C'est ainsi qu'un nombre entier ne cesse pas d'être un nombre entier parce qu'on peut l'écrire sous forme fractionnaire. Il faut bien comprendre que, pour fixer l'espèce d'une quantité, on doit toujours la supposer réduite à sa forme la plus simple: c'est là un principe général commun à toutes les classifications possibles.

» Je m'étonnerais que M. Libri ne fût pas satisfait de ces explications, qui pourtant ne sont guère qu'une répétition, en termes peut-être un peu plus clairs, de ce que j'avais mis dans mes anciens mémoires.

» La classification dont je viens de parler est fondée sur une idée simple, qui appartient à tout le monde, et dont je ne crois pas assurément être l'inventeur. Je crois seulement avoir montré le premier toute l'utilité de cette classification. Ce n'est pas que je lui attribue, comme le dit M. Libri, tout le succès de ma méthode : il y a en effet dans cette méthode d'autres principes fondamentaux à établir, et d'ailleurs dans chaque exemple il reste à vaincre des difficultés de détails qui m'ont arrêté très souvent et qu'il ne faut pas dédaigner. Mais, je le répète encore, il est presque impossible de se passer de la classification précédente quand on veut donner aux démonstrations la clarté désirable.

» Dans les mémoires où j'en ai fait usage, je crois être arrivé à des résultats importants. J'ai, par exemple, démontré le premier l'impossibilité d'exprimer en quantités finies explicites les intégrales de certaines fonctions algébriques, problème dont plusieurs géomètres s'étaient occupés sans en trouver une solution exacte (*); j'ai donné une méthode certaine pour trouver $\int e^x y dx$, y étant une fonction algébrique de x, toutes les fois que cette intégrale est possible en quantités finies explicites, ou pour prouver qu'elle ne se réduit pas à de telles quantités, ce qui a lieu le plus souvent. J'ai montré, dans un autre endroit, que les fonctions de x formées en élevant la variable x à une puissance irrationnelle ou imaginaire, doivent être rangées parmi les transcendantes de seconde espèce, tandis qu'elles se réduiraient à de simples expressions algébriques si l'exposant était rationnel. Puis, étendant mon analyse à la résolution des équations transcendantes, j'ai donné une méthode qui peut, dans un grand nombre de cas, servir à les résoudre en quantités finies explicites ou à prouver qu'elles ne sont pas susceptibles d'une telle solution. J'ai montré en particulier que l'équation qui lie entre elles, dans la théorie du mouvement elliptique des planètes, l'anomalie excentrique et l'anomalie moyenne, ne peut pas fournir la première de ces deux quantités en fonction finie explicite de la seconde. C'est donc avec raison que les géomètres, lorsqu'ils ont cherché la valeur de l'anomalie excentrique, ont eu recours soit aux séries, soit aux intégrales définies.

» Les recherches d'Abel sur le même sujet, lesquelles, soit dit en passant, sont très loin d'embrasser la théorie dans toute son étendue, ont été citées par moi dès mes premiers Mémoires. J'ai même transcrit en entier la démonstration par laquelle l'auteur prouve que si l'intégrale d'une fonction algébrique $y dx$ est réductible à la forme

$$\int y dx = t + A \log u + \ldots + C \log w,$$

$A, \ldots C$ étant des constantes et t, $u, \ldots w$ des fonctions algébriques de x, on pourra toujours supposer que ces dernières sont fonctions rationnelles de x et y. Il est très vrai que sur ce point je n'ai pas même essayé de mo-

(*) Voici comment M. Poisson s'exprime dans son rapport sur les travaux d'Abel et de M. Jacobi : « Il y a lieu de penser que la plupart des intégrales qui ont résisté jusqu'à présent aux efforts si souvent réitérés des géomètres, et qui échappent à des méthodes où l'on a mis en œuvre toutes les ressources de l'analyse, sont impossibles sous forme finie, quoique cette impossibilité n'ait encore encore été démontrée pour aucune d'elles. »

difier la méthode d'Abel ; mais il fallait prouver en outre que la forme admise *à priori* par Abel est exacte toutes les fois que $\int ydx$ est une fonction finie explicite de x, ce que l'illustre auteur ne fait nulle part.

» Je l'avouerai, j'attache une grande importance aux Mémoires dont je viens de faire l'analyse, et je remercie M. Libri de m'avoir fourni l'occasion de les rappeler au souvenir des géomètres. Cette série de travaux considérables, dans lesquels j'ai plutôt cherché à traiter à fond et actuellement certaines questions qu'à promettre beaucoup pour l'avenir, a été précédée par mes deux Mémoires sur la détermination des intégrales dont la valeur est algébrique, qui en forment pour ainsi dire la première partie, et que j'ai composés vers la fin de 1832. J'avais alors vingt-trois ans, et il m'est doux de penser qu'ils m'ont immédiatement procuré l'honneur d'être inscrit sur une liste de candidats pour une place alors vacante à l'Académie. J'ajoute qu'ils m'ont valu aussi les premiers témoignages d'estime que j'ai reçus de M. Poisson. Je n'y fais point usage de la classification des transcendantes, puisque les fonctions que j'y considère sont toutes algébriques. Mais dans le premier d'entre eux j'emploie une classification des irrationnelles exprimables par radicaux, absolument semblable à celle des transcendantes dont je me suis servi plus tard. On passe de l'une de ces classifications à l'autre en remplaçant les mots *rationnel* et *irrationnel* par les mots *algébrique* et *transcendant*, et les signes radicaux par des caractéristiques transcendantes. L'objection de M. Libri, si elle était fondée, s'appliquerait aussi bien à la classification des fonctions irrationnelles qu'à celle des fonctions transcendantes, puisqu'il pourrait dire que la première puissance d'une variable x étant susceptible des deux formes x, $\sqrt{x^2}$ peut être rangée à volonté parmi les fonctions rationnelles ou parmi les fonctions irrationnelles. Rejeter ou admettre l'une de ces deux classifications, c'est évidemment rejeter ou admettre l'autre. Or, MM. Lacroix et Poisson, nommés Commissaires pour l'examen de mes deux Mémoires, en ont approuvé tous les raisonnements de la manière la plus explicite. Sur un rapport très favorable de M. Poisson, où se trouve rapporté clairement et en peu de mots le principe général de la classification des fonctions irrationnelles, l'Académie a décidé que mes deux Mémoires seraient imprimés dans le Recueil des *Savans étrangers* (*).

» Les recherches précédentes ne doivent pas être confondues avec celles que j'ai entreprises depuis sur la théorie générale des équations linéaires,

(*) Le rapport que M. Libri cite dans son Mémoire, a été rédigé par M. Libri lui-même, et non plus par M. Poisson.

et dans lesquelles je me suis proposé, non d'intégrer ces équations, mais d'étudier dans les équations différentielles elles-mêmes les propriétés de leurs intégrales. M. Sturm a le premier considéré sous ce point de vue les équations du second ordre, et j'ai depuis étendu, non pas sa méthode, mais la plupart de ses théorèmes, à des équations très générales d'un ordre quelconque. La première partie de mon travail a seule été publiée; mais dès à présent, s'il m'était permis d'énoncer une opinion sur la valeur relative de mes Mémoires, je n'hésiterais pas à mettre au premier rang celui dont je viens de parler. Mon opinion sur ce point n'est donc pas conforme à celle de M. Libri.

» Après avoir répondu aux critiques que M. Libri m'adresse, je dois revenir un instant sur celles que j'ai moi-même opposées à ses Mémoires. Les notes et les articles polémiques dont M. Libri parle se réduisent, il faut d'abord le dire, à une note de cinq pages, plus un article de deux pages. L'article dont il s'agit a été imprimé en 1837 : j'y revendiquais pour d'Alembert une certaine méthode d'intégration pour les équations linéaires, présentée comme nouvelle dans un Mémoire de M. Libri. M. Libri avoue que cette méthode appartient en effet à d'Alembert; mais il la donne aujourd'hui comme peu importante, comme tenant peu de place dans son Mémoire : les géomètres jugeront. La Note intitulée *Observations sur un Mémoire de M. Libri relatif à la théorie de la chaleur*, a été présentée à l'Académie il y a plus d'un an; elle a été imprimée en juillet 1838. M. Libri maintient comme exacte la méthode d'approximation que j'ai jugée inadmissible : je maintiens à mon tour l'exactitude de mes objections. De tous les géomètres à qui je les ai communiquées, il n'en est pas un seul qui n'ait reconnu combien sont fautifs les résultats de M. Libri. Il y a un autre article où se trouve attaquée une démonstration de M. Libri relative à la théorie des nombres; mais cet article est extrait textuellement du Journal de M. Crelle et d'un Mémoire de M. Lejeune-Dirichlet. Je n'y ai pas ajouté une seule réflexion (*). M. Libri a donc eu grand tort d'employer le pluriel en parlant de mes notes et de mes articles : il se serait exprimé plus correctement en em-

(*) Voici comment s'exprime M. Dirichlet : « La méthode de M. Gauss était jusqu'à présent le seul moyen de vaincre la difficulté indiquée, et qui consiste dans l'ambiguité du signe. Celle que M. Libri a donnée, quoique très ingénieuse, ne paraît pas propre à résoudre cette difficulté, puisqu'elle fait dépendre les sommes cherchées d'une équation du second degré. Pour faire disparaître l'ambiguité que cette circonstance fait naître, le savant auteur a recours à l'expression transformée en produit, sans indiquer aucun moyen de parvenir à cette transformée. Mais ce pas

ployant le singulier. Il a eu tort aussi de se présenter comme le seul auteur critiqué dans le *Journal de Mathématiques*. Qu'il lise, par exemple le dernier numéro : il y verra que je réfute (tout en respectant le talent et admirant les belles découvertes de ce savant célèbre) quelques assertions erronées de M. Ivory. Ne serait-il pas absurde que la critique fût interdite dans les sciences de raisonnement, quand elle est sincère et honnête? Rectifier, lorsqu'elles ont de l'importance, les fautes qu'un savant laisse échapper, sera toujours utile au progrès des sciences. M. Libri lui-même a-t-il cru devoir se plaindre des observations de M. Dirichlet que j'ai citées plus haut; de celles de M. Stern qui a corrigé certains théorèmes que M. Libri regardait mal à propos comme appartenant exclusivement aux nombres premiers de la forme $6p+1$; de celles enfin de M. Kelland qui, s'occupant à peu près en même temps que moi du Mémoire sur la théorie de la chaleur, a reconnu aussi l'inexactitude des formules de M. Libri (*).

» M. Libri a cité dans son Mémoire une phrase de la préface que j'ai placée en tête du *Journal de Mathématiques*. Je ferai à mon tour la même citation, mais en y joignant la phrase précédente dont la suppression altère gravement le sens :

« Depuis quelques années, un singulier esprit de dénigrement s'est em-
» paré de quelques critiques, et nous avons vu tour à tour accabler d'in-
» jures les hommes qui dans les divers genres de sciences ont le plus di-
» gnement soutenu l'honneur de la France. Ici notre profession de foi
» sera nette et positive : ce style tranchant et absolu, si fort à la mode
» aujourd'hui, ne sera jamais le nôtre; car il déshonore à la fois le carac-
» tère et le talent de ceux qui l'adoptent.

» Toutes ces critiques, dit un auteur célèbre, sont le partage de quatre
» ou cinq petits auteurs infortunés qui n'ont jamais pu par eux-mêmes
» exciter la curiosité du public. Ils attendent toujours l'occasion de quelque
» ouvrage qui réussisse pour l'attaquer, non point par jalousie, car sur
» quel fondement seraient-ils jaloux ? mais dans l'espérance qu'on se don-
» nera la peine de répondre, et qu'on les tirera de l'oubli où leurs propres
» ouvrages les auraient laissés toute leur vie. »

« Ces lignes ont été écrites en 1836 : elles seront approuvées par toutes

---

» sage de la somme au produit est à lui seul la question tout entière, puisqu'une fois
» effectué, il dispense de toute autre analyse, l'expression en produit étant du nombre
» de ceux qu'Euler a déterminés depuis long-temps par les considérations les plus
» simples. »

(*) *Theory of heat*, p. 69.

les personnes qui se rappelleront le style de certains critiques à cette époque. Quant à moi, je me glorifie du sentiment qui les a dictées, et de l'invariable persévérance avec laquelle j'ai suivi la route que je m'étais tracée. Dans les articles très peu nombreux que j'ai consacrés à la critique, j'ai toujours adopté le langage poli, mais net de la géométrie : je ne pouvais ni ne devais promettre davantage. Comment M. Libri a-t-il pu voir dans l'expression de mon mépris pour une polémique ignorante et grossière l'engagement de renoncer à toute discussion scientifique! »

Réponse de M. **Libri** *aux Observations de* M. Liouville.

« Après la présentation de la Note de M. Liouville, dont M. Arago a donné une analyse très développée, M. Libri a pris la parole et a répondu avec le plus grand détail à toutes les assertions contenues dans cette Note. Pour ne pas prolonger davantage ces débats, M. Libri croit devoir se borner à ne publier ici qu'un résumé de sa réponse. Voici ce résumé :

» L'*objection* dont parle M. Liouville ne doit pas m'être attribuée individuellement ; j'ai été chargé par la Commission (composée de MM. Lacroix, Poisson et moi) de rédiger le rapport sur le Mémoire que M. Liouville a présenté en 1833 à l'Académie. Si ce rapport a été rédigé par moi, il a été examiné (ainsi que le Mémoire) par les autres Commissaires, qui l'ont approuvé, et qui assistaient à la séance lorsqu'il fut lu devant l'Académie, qui en adopta les conclusions. M. Liouville semble m'attribuer *les objections* (car il y en a plusieurs) contenues dans le rapport. Il y a cependant peu d'apparence que j'aie pu entraîner deux géomètres comme MM. Lacroix et Poisson. M. Liouville me suppose une influence que je n'aurai jamais, et qu'à coup sûr j'étais loin d'avoir quelques mois seulement après que l'Académie m'avait fait l'honneur de m'admettre dans son sein. Le rapport, du reste, fut rédigé par moi dans les termes les plus polis et les plus obligeants pour l'auteur. Il ne fut demandé qu'un seul changement par les autres Commissaires : ce changement consistait à exprimer plus positivement que ne l'avait fait le rapporteur, une des objections qu'il fallait faire à la méthode de M. Liouville.

» M. Liouville parle des résultats importants auxquels il est parvenu : mais c'est là toute la question ; car si son analyse était inexacte, comme il ne s'agit que de démonstrations négatives, il ne resterait plus rien de son travail. M. Liouville ne serait pas le premier géomètre habile qui se fût trompé en voulant démontrer des impossibilités du même genre. Pour me servir d'une comparaison triviale, tout le monde est convaincu qu'il

est impossible à un homme de sauter à pieds joints d'une rive à l'autre de la Seine; mais il serait difficile de démontrer *à priori* cette impossibilité.

» En définitive, M. Liouville a présenté un Mémoire à l'Académie: une Commission, composée de MM. Lacroix, Poisson et moi, a fait un rapport (dont la rédaction m'appartient) dans lequel on comblait d'éloges l'auteur sans approuver sa méthode. Que fait alors M. Liouville? Sans jamais parler du rapport, sans combattre aucune des objections qu'il renferme, il ne cesse, pendant cinq ans, de publier des travaux fondés sur les mêmes principes, comme si ces principes avaient été approuvés Enfin, lorsqu'on vient à parler du rapport, M. Liouville prétend que le jugement de la Commission est erroné : il affirme que j'ai induit en erreur mes confrères. *Je ne veux engager la responsabilité de personne*, mais je ne puis pas admettre que les autres Commissaires aient cédé à une influence imaginaire que j'aurais exercée sur leur esprit.

» M. Liouville a envoyé à l'Académie la démonstration d'un des théorèmes que j'avais énoncés dans la dernière séance. Au moment même où M. le Secrétaire perpétuel annonçait cela à l'Académie, j'ai rédigé à la hâte ma démonstration sur une petite feuille de papier : cette démonstration a été paraphée immédiatement par M. Arago; je dois dire que celle de M. Liouville, qui m'a été communiquée le lendemain, ne diffère de la mienne que dans quelques détails qui n'ont aucune importance. M. Liouville trouve que les résultats énoncés dans mon dernier Mémoire ne sont ni très neufs, ni très difficiles à démontrer. Il me semble qu'il aurait été de bon goût de les découvrir avant, plutôt que de les déclarer si faciles après. M. Liouville, qui s'est occupé de ce sujet à propos du fragment de d'Alembert dont il a été plusieurs fois question, était alors très près de mon premier théorème, dont il donne aujourd'hui la démonstration : ce théorème est une généralisation de celui de Lagrange; pourquoi n'y avoir pas songé un peu plus tôt? Cette proposition est fort simple, il est vrai; c'est par là que commence mon Mémoire; mais ce ne sont pas toujours les théories les plus compliquées qui ont le plus d'importance. Pour le prouver encore une fois, par un exemple très élémentaire, je ferai remarquer à M. Liouville qu'il regrettera peut-être de ne s'être pas aperçu qu'il existe des théorèmes analogues (*) pour les équations différentielles qui ne sont

(*) Cette généralisation de mes recherches est connue des personnes qui veulent bien suivre le cours d'analyse que j'ai l'honneur de faire, pour M. Lacroix, au Collége de France.

pas linéaires. M. Liouville trouvera probablement aussi que cette remarque est très simple; mais il n'en est pas moins vrai que ce savant géomètre n'a pas donné à mon théorème toute la généralité dont il est susceptible et que je n'avais pas cru devoir indiquer dans l'analyse de mon Mémoire.

» Quant aux autres points de la discussion, je m'en rapporte entièrement à ce que j'ai dit à ce sujet dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter dans la dernière séance à l'Académie. C'est aux géomètres à prononcer : leur opinion sera parfaitement éclairée, s'ils veulent se donner la peine de lire attentivement toutes les pièces du débat.

» Je n'ai pas trouvé dans la Note de M. Liouville, dont on m'a communiqué une épreuve, tous les arguments que M. Arago a présentés à l'Académie au moment de la discussion; je suis donc forcé de reproduire ici séparément la réponse que j'ai faite aux observations personnelles de M. le Secrétaire perpétuel.

» Lorsque, au sujet du rapport relatif au Mémoire de M. Liouville, j'ai rappelé à l'Académie que la Commission était composée de MM. Lacroix, Poisson et moi, et que je n'en étais que le rapporteur, M. Arago m'a interrompu pour me dire que souvent les Commissaires signaient de confiance les rapports, sans avoir étudié la question, et il a cité un exemple récent dans lequel lui-même ayant donné une de ces signatures de confiance, le rapport, qui du reste avait été rédigé par un des membres les plus consciencieux et les plus éclairés de l'Académie, aurait renfermé une erreur.

» J'ai répondu sur ce point à M. Arago, que s'il s'était trouvé dans le cas de donner des signatures de confiance pour des rapports, *qui sont des jugements*, je pouvais affirmer que pareille chose ne m'était jamais arrivée, et qu'elle ne m'arriverait jamais. Si je me trompe, et tout homme peut se tromper, ce n'est qu'après avoir fait tous mes efforts pour m'éclairer. Je crois que peu de membres de l'Académie seront disposés à accepter le reproche qui résulterait nécessairement de la supposition de M. Arago.

» Ensuite, M. le secrétaire perpétuel, reproduisant une remarque qui se trouvait déjà dans la Note de M. Sturm, a dit que dans ma réponse aux critiques de M. Liouville j'aurais dû éviter le moment de sa candidature (*).

(*) La Note de M. Libri m'arrive trop près du moment où cette feuille doit être mise sous presse, pour que je puisse avoir même la pensée de reproduire ici les observations verbales que je présentai à l'Académie et auxquelles M. Libri essaie de répondre. Je dois déclarer, cependant, en fait, que je ne renouvelai nullement la remarque de M. Sturm, sur la candidature de M. Liouville : mes souvenirs à cet égard sont confirmés par ceux de trois de nos confrères que je viens de consulter. (*Note* de M. Arago.)

» A cela j'ai répliqué encore une fois que d'abord aucune démarche officielle ou officieuse ne m'avait instruit de la candidature de M. Liouville, mais que d'ailleurs ce savant professeur ayant été plusieurs fois candidat devant l'Académie, soit pour des places de membre de l'Institut, soit pour des chaires à l'École Polytechnique, et que ses dernières candidatures étant postérieures à ses attaques contre moi, sans que j'aie jamais présenté à l'Académie aucune observation critique à l'égard du candidat, il est évident qu'on ne peut voir aucun rapport entre sa position actuelle et ma réponse à ses critiques. Je venais d'achever un travail analytique, et je voulais le présenter à l'Académie pour lui prouver que, bien qu'occupé assidûment de recherches historiques, j'étais loin de renoncer à l'étude des mathématiques. C'est M. Liouville qui m'a forcé à parler de ses recherches; car si j'avais négligé de mentionner ses travaux sur un sujet analogue à celui que je venais de traiter, il n'aurait pas manqué de me taxer de nouveau d'ignorance en ce qui touche l'histoire des sciences. J'oppose à toute autre supposition les dénégations les plus complètes et les plus explicites. »

PHYSIOLOGIE. — *Propositions ou points de vue nouveaux de physiologie animale et de médecine, comme développements de la nouvelle théorie de l'électricité universelle; par* M. F. **Roessinger.**

(Commissaires, MM. Becquerel, Breschet.)

GÉOMÉTRIE. — *Note sur la mesure d'un arc d'ellipse; par* M. **Ferriot.**

(Commissaires, MM. Lacroix, Cauchy, Sturm.)

MACHINES. — M. **Maublanc** adresse une Note sur une machine de son invention.

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Gambey.)

M. **Ranson** adresse le dessin d'un appareil qu'il a imaginé pour augmenter la force des roues hydrauliques.

DESSIN. — *Notice sur un instrument de mathématiques destiné à suppléer aux diverses machines inventées jusqu'à ce jour pour réduire les dessins, ou pour prendre les vues des monuments, d'un paysage, etc.; par* M. **Laffore.**

ZOOLOGIE. — *Mémoire sur le Dragonneau. Observation recueillie à l'hôpital militaire de Kasso-al-Ayniyy au Kaire, en* 1838; *par* M. le docteur **Perron.**

(Commissaires, MM. de Blainville, Serres, Milne Edwards.)

CORRESPONDANCE.

Note sur l'incapabilité de l'eau pour conduire les courants voltaïques sans être décomposée; par M. W.-R. Grove, *communiquée par* M. Becquerel.

« Il est de la plus grande importance pour la théorie électro-chimique, de décider si les électrolytes peuvent conduire les courants électriques sans être décomposés. L'expérience très connue de M. Faraday n'est pas concluante sur ce point, car si l'explication donnée, par M. Becquerel, du phénomène des électrodes polarisées est admise, elle prouverait que les courants faibles sont capables de décomposer l'eau.

» Contre cette explication, voici l'argument le plus digne d'attention : dans de l'eau non acidulée avec de l'acide nitrique où plongent des électrodes de platine, d'un seul couple voltaïque, aucune bulle de gaz ne peut être recueillie, quelque longue que soit la durée de l'expérience. Cependant, si des électrodes de cuivre sont substituées à celles de platine, la décomposition s'effectue, quoique le cuivre soit incapable par lui-même de décomposer l'eau acidulée, et que les deux électrodes étant de même métal ne puissent rien ajouter au courant initial, puisque les courants qu'elles produisent étant dirigés en sens inverse, se neutralisent : la seule différence qu'il y ait, c'est que, dans ce cas-ci, la nécessité de dégager chaque élément à l'état gazeux n'existe pas. Il semble donc que le courant faible d'une seule paire suffit pour séparer les éléments de l'eau, mais non pour continuer cette action en les dégageant sous la forme gazeuse (*) afin de faire place à de nouvelles portions. S'il en est ainsi, la décomposition doit bientôt s'arrêter; et si la conduction dépend de la décomposition, la conduction ne doit plus avoir lieu. Cette question est facilement résolue par l'expérience.

» Le Dr Faraday remarqua que lorsque les lames de platine, dans son expérience (*Exp. Res.* 1036), sont restées en contact pendant quelque temps et qu'on les met en contact avec une solution d'iodure de potassium, l'iodure n'est pas immédiatement décomposé. Il a attribué ce fait, et avec raison, à l'état polarisé des plaques excitantes, mais il ne remédia

(*) La question de savoir pourquoi il faut plus d'intensité pour dégager isolément les éléments à l'état gazeux, que pour les séparer, est très composée; pour le moment je me suis borné à donner le fait qui peut être établi par une foule d'expériences.

pas à cet inconvénient, puisqu'à cette époque la méthode de produire un courant constant ne lui était pas connue.

» J'ai répété l'expérience du Dr Faraday, avec quelques changements que voici : la paire de métaux, zinc et cuivre, que j'ai employée, était à courant constant, séparée par un diaphragme poreux et chargée avec de l'acide sulfurique étendu et du sulfate de cuivre; je me mis en garde contre l'évaporation dans la cellule d'opération, en scellant hermétiquement les extrémités du tube qui contenait les lames de platine.

» L'iodure de potasse fut alors soumis à un courant constant produit par ces métaux et traversant l'eau du tube; l'iodure fut décomposé, mais faiblement; il fut enlevé et le contact établi pendant quelques minutes entre les pointes de platine.

» L'iodure ayant été remplacé, ne fut pas décomposé pendant une minute environ; après quoi une décomposition très faible commença et continua. En faisant cette dernière expérience avec un galvanomètre à fil court, au lieu de l'iodure, je n'ai pu observer aucune déviation, quoique l'instrument fût extrêmement délicat. Mais avec un galvanomètre de Gourjon, à long fil, on a une déviation d'à peu près 8°. Quand les coupes de mercure du galvanomètre communiquaient ensemble, pendant quelques minutes, au moyen d'un fil de cuivre amalgamé, et que celui-ci étant subitement enlevé, le courant pouvait traverser le fil de l'instrument; au lieu d'une déviation subite comme dans les cas ordinaires, l'aiguille n'était pas affectée pendant deux secondes; la déviation commençait alors très lentement et continuait jusqu'à ce qu'elle fût arrivée à 8°, où enfin elle s'arrêtait. Quand le tube qui contenait les électrodes fut subitement renversé, la décomposition et la déviation furent excessives, et les électrodes polarisées mêmes donnèrent une déviation instantanée de 85°.

» Ces expériences confirment entièrement les idées sus-mentionnées. Ainsi, le contact ayant eu lieu pendant assez de temps pour que les électrodes pussent être recouvertes sur la plus grande étendue avec les éléments transposés, en introduisant l'iodure, il n'y a point de courant; l'effet de cet arrêt est de permettre une réaction de ces éléments; les électrodes, par ce moyen, se dépolarisent, et, à un certain point, le courant initial reprend son pouvoir et passe, en décomposant de nouveau l'eau et l'iodure, et repolarisant les électrodes; de manière qu'une espèce d'action intermittente s'établit, laquelle cependant doit avoir toute l'apparence d'une décomposition continuelle. Avec le galvanomètre à fil court, il y a peu d'interruption et par conséquent point de déviation apparente; mais

avec un galvanomètre d'une grande délicatesse on aperçoit quelque effet, puisque le fil long donne une petite résistance au courant semblable à celle de l'iodure.

» Dans cette dernière expérience, d'abord, l'immobilité parfaite de l'aiguille, et la faible déviation qui a lieu ensuite (quand on pense à la sensibilité de l'instrument) me semblent être concluantes et prouver définitivement que dans l'eau il n'y a pas conduction sans décomposition (1).

» Voici quelques expériences qui viennent à l'appui de ces considérations.

» On sait, d'après M. Becquerel, que si une lame de platine est mise dans de l'acide nitrique, et une autre dans une solution de potasse caustique qui est en contact avec l'acide au moyen d'un diaphragme poreux, aussitôt que la communication est établie, il y a un courant électrique assez marqué, l'alcali prend l'électricité négative, et l'acide l'électricité positive. Cependant, le même arrangement, en substituant l'acide sulfurique ou l'acide hydro-chlorique à l'acide nitrique, ne produit qu'un très faible courant.

» Les considérations précédentes m'ont porté à croire que dans ces dernières expériences l'électricité dégagée par la réaction de l'acide sur l'alcali ne pouvait être conduite sans le dégagement de deux éléments à l'état gazeux; par conséquent, si des lames d'un métal oxidable (2) étaient employées au lieu de platine, un courant plus énergique serait produit. Je les ai substituées, et les résultats ont été frappants; non-seulement il y eut courant, mais courant tellement énergique qu'il égalait presque celui qui résulte de l'arrangement ordinaire du zinc et du platine.

» J'ai essayé les trois métaux suivants : le fer, le cuivre et le zinc; deux lames du *même métal* ayant été plongées respectivement dans de l'acide sulfurique et une solution de potasse, ou dans de l'acide hydro-chlorique et une solution de potasse, il y a eu courant électrique très prononcé et constant, mais beaucoup plus intense avec le zinc qu'avec les deux autres métaux, l'énergie augmentait quand l'acide sulfurique était à moitié étendu d'eau.

---

(1) Les observations et expériences indiquées ci-dessus ne s'appliquent qu'à l'eau; elles peuvent cependant s'étendre en quelque sorte à tous les électrolytes où l'eau est le dissolvant.

(2) Peut-être dois-je mentionner que sir H. Davy a fait cette expérience, mais il attribuait le courant à l'action chimique de l'alcali sur le métal, qu'il considérait comme plus forte que celle de l'alcali.

» Mais le fait le plus remarquable, c'est que la lame de zinc qui était dans l'acide, quoique beaucoup plus attaquée chimiquement que celle qui se trouvait dans l'alcali, prenait toujours de l'électricité positive, c'est-à-dire qu'elle représentait le cuivre d'une combinaison voltaïque ordinaire.

» De semblables phénomènes se présentent avec l'acide nitrique; dans cet acide, le fer inactif, le fer actif, le zinc et le cuivre prennent toujours l'électricité positive par rapport aux mêmes métaux dans la potasse, ou dans les acides sulfurique et hydro-chlorique.

» Je vais tenter plusieurs expériences dans cette classe de phénomènes, ayant en vue l'amélioration des piles voltaïques. Jusqu'à présent je n'ai pas trouvé de meilleure combinaison que celle que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 15 avril, excepté qu'on peut y substituer avec avantage une solution de sel marin à l'eau acidulée. »

CHIMIE ORGANIQUE. — M. *Magendie* communique la Lettre suivante, qui lui a été adressée par M. **Donné**.

« Permettez-moi, Monsieur, de vous citer quelques résultats nouveaux de mes recherches sur l'urine, venant à l'appui de l'intéressante observation que vous avez rapportée, il y a déjà long-temps, sur la production de l'oxalate de chaux, déterminée par l'usage de l'oseille.

» Depuis le commencement du printemps, je trouve fréquemment dans les urines que je soumets à l'analyse microscopique, de très beaux et très nombreux cristaux, en apparence de forme cubique et ayant beaucoup d'analogie au premier aspect avec les cristaux de sel marin.

» Mais outre que le chlorure de sodium est trop soluble pour se déposer dans l'urine sans évaporation préalable; d'une autre part, les cristaux dont je parle sont insolubles dans l'eau froide et même chaude; de plus, en les faisant rouler sur la lame de verre, on s'aperçoit bientôt qu'au lieu d'être des cubes, ils sont formés de deux pyramides à quatre faces, le plus souvent réunies par leurs bases, ce qui donne au cristal tantôt l'aspect d'un cube, tantôt celui d'une losange, suivant la position qu'il prend, ainsi que l'indique le cristal taillé que je mets sous vos yeux.

» Ces cristaux sont insolubles dans l'acide acétique et solubles dans l'acide nitrique sans effervescence; recueillis et bien lavés, calcinés et brûlés sur une lame de platine, au moyen du chalumeau, ils laissent pour résidu une matière blanche qui, placée avec un peu d'eau distillée sur du papier de tournesol rougi, le ramène instantanément au bleu : cette matière est donc évidemment de la chaux provenant de la décomposition d'un

oxalate de cette base. Et en effet, il suffit de manger une certaine quantité d'oseille pour voir se produire dans l'urine une immense quantité de ces cristaux; en moins de deux heures, après le repas, ce fluide en laisse déposer des milliers par le refroidissement et le repos.

» J'ai pensé, Monsieur, que cette observation vous intéresserait, et je m'empresse de vous la communiquer. J'ajouterai relativement à l'acide nitrique, qu'indépendamment des causes que vous avez signalées à sa production, je me suis assuré par l'observation comparative du régime alimentaire et de la composition de l'urine, que les excitants du système nerveux, tels, par exemple, que le café, le thé, et même le tabac à fumer, déterminent infailliblement la formation d'une grande quantité d'acide urique cristallisant en paillettes jaunes rhomboïdales par le refroidissement.

» On peut donc conclure de là, comme vous l'avez fait, Monsieur, les précautions convenables à prendre dans les cas de disposition à cette sorte de gravelle, et peut-être aussi, doit-on tenir compte de la présence de l'acide urique en excès dans le diagnostic des maladies sous le rapport de l'état du système nerveux. »

PHYSIQUE. — *Note sur une nouvelle disposition des manomètres destinés aux chaudières à vapeur à haute pression; par* M. E. PECLET.

« Les manomètres des chaudières à vapeur à haute pression sont toujours à air comprimé; car des siphons renversés, ouverts et remplis de mercure devraient avoir une trop grande hauteur. Mais les manomètres dont on se sert habituellement sont toujours inexacts; du moins, je n'en ai pas vu un seul qui, après un usage de quelques mois, n'ait pas éprouvé une diminution très notable dans le volume de l'air qu'il renfermait primitivement. Cette diminution du volume de l'air résulte quelquefois d'un abaissement brusque de pression dans la chaudière par une trop grande injection d'eau d'alimentation, et dans tous les cas de l'action lente de l'air sur le mercure, qui en diminue progressivement le volume. En outre, les constructeurs ne corrigent point la graduation de l'échelle de la variation de niveau du mercure.

» La disposition suivante obvie complétement à tous ces inconvénients.

» Une boule en verre de 3 à 4 centimètres de diamètre est surmontée d'un tube destiné à communiquer avec la chaudière; elle est soudée par sa partie inférieure à un tube capillaire qui descend verticalement de 8 à 10 centimètres, se recourbe, s'élève verticalement à la hauteur du centre de la boule, et se prolonge horizontalement sur une longueur de 40 à

50 centimètres : ce tube capillaire est ouvert à son extrémité, et près de cette extrémité il porte un étranglement; enfin, la partie du tube capillaire qui s'élève verticalement est garnie d'une petite boule. On commence par diviser la partie horizontale du tube en parties d'égale capacité, ce qui ne présente aucune difficulté, le tube étant ouvert par les deux bouts; ensuite on verse du mercure dans la grosse boule jusqu'à la hauteur du tube horizontal, et l'on incline un peu l'appareil de manière que le mercure remplisse complétement le tube; alors on introduit l'extrémité du tube dans un bouchon qui ferme un tube rempli de chlorure de calcium communiquant par l'autre extrémité avec une vessie pleine d'hydrogène ou d'acide carbonique; on incline l'appareil en sens contraire, de manière que le mercure se retire jusqu'à l'origine des divisions, et enfin on fond le verre au milieu de l'étranglement au moyen de la flamme d'un chalumeau.

» Dans un appareil ainsi construit, il n'y a point de corrections à faire pour les variations du niveau du mercure, puisque le niveau est constant; il n'y a pas à craindre la perte d'une portion du gaz par une diminution subite de pression, à cause de la boule placée dans la partie ascendante du tube capillaire, que le gaz dilaté devrait remplir avant de se dégager; enfin le gaz étant sans action sur le mercure, l'instrument ne devra pas devenir fautif avec le temps. »

AURORES BORÉALES. — M. QUETELET écrit à M. *Arago*, qu'une aurore boréale a été observée à *Bruxelles*, le 5 mai 1839, vers les 11^h et demie du soir, par M. Mailly, son adjoint.

La lumière du phénomène se faisait surtout remarquer dans la direction du méridien magnétique. Elle occupait environ la huitième partie du ciel dans le sens de l'horizon. Les jets lumineux s'élevaient, par intervalles, à plus de 50° de hauteur.

Le vent était de l'est, mais avant le soir, il soufflait dans une direction opposée.

M. LALANNE, ingénieur des Ponts-et-Chaussées, annonce à M. *Arago*, dans une lettre datée de *Saint-Brice* près *Écouen*, qu'il a vu une aurore boréale, le 7 mai 1839 vers 9^h et demie. M. Lalanne signale parmi les circonstances qui l'ont le plus frappé, des gerbes éclatantes de couleurs rouge, jaune, bleue et qui s'élevaient jusqu'à 25° ou 30° au-dessus de l'horizon.

CHEMINS DE FER. — M. **Arnoux** demande à l'Académie de vouloir bien désigner des Commissaires pour assister aux expériences définitives de son système de locomotion sur des rails courbes.

M. *Arago* rend compte des essais auxquels il a assisté dimanche dernier, avec d'autres membres de l'Académie.

MM *Savary*, *Gambey* et *Séguier*, s'adjoindront aux Commissaires qui déjà ont rendu un compte favorable de l'invention de M. *Arnoux*, considérée théoriquement.

MACHINES LOCOMOTIVES. — M. **Dietz** annonce qu'il est en possession d'une machine locomotive destinée à l'exploitation des routes ordinaires. Il prie l'Académie de désigner des Commissaires pour examiner son appareil, et le soumettre à telle expérience qu'ils jugeraient convenable.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Savary, Séguier.)

M. D. **Paoli** demande à retirer un Mémoire qu'il avait adressé à l'Académie sur le mouvement moléculaire des solides.

Ce Mémoire sera rendu à l'auteur.

M. **Korylski** adresse une nouvelle Note contre le *Newtonisme*.

M. **Voizot** adresse quelques extraits d'un Mémoire sur les explosions des chaudières, qu'il a publié en 1833, et dont l'idée principale est consignée, dit-il, dans un travail déposé au secrétariat de l'Institut, le 7 mars 1831.

La séance est levée à cinq heures. A.

Errata. (Séance du 13 mai.)

Pages 726, 727 et 727,

$e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-\omega t]\sqrt{-1}}$, *lisez* $e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-k\omega t]\sqrt{-1}}$

$e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-\omega\tau]\sqrt{-1}}$, *lisez* $e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)-k\omega\tau]\sqrt{-1}}$

Page 734, ligne 17, devait, *lisez* devrait

738, 14, Mémoire, *lisez* Mémoire (2)

Ibid., 28, fait (2), *lisez* fait

741, 7 en remontant, Z_1, *lisez* Z

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 19, in-4°.

Caisse d'épargne et de prévoyance de Paris. — Rapports et comptes rendus des opérations de cette caisse pendant l'année 1838. In-8°.

Institut royal de France. — Séance publique annuelle de l'Académie royale des Sciences morales et politiques, tenue le 13 *mai* 1839.

Histoire naturelle des îles Canaries; par MM. Webb et Berthelot; 39e liv., in-4°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; par M. Demidoff; 7e liv., in-8°.

France départementale, Revue de la Province; par M. Nestor Urbain; tome 6, 2e liv., in-8°.

Société des Sciences, Agriculture et Arts du département du Bas-Rhin. (Mémoire lu à la séance du publique du 2 mai 1839.)

Revue critique des Livres nouveaux; par M. Cherbuliez; 7e année, n° 5, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; mars 1839, in-8°.

Collectanea medico-chirurgica. . . . *Cæsariæ Academiæ medico-chirurgicæ curâ et impensis edita;* vol. 1er, in-4°; Vienne.

Desmurgia, seu Chirurgiæ pars de variis animalculis deligatoriis; par M. F. Korsenieuvski; Vienne, 2 vol. in-8, avec 2 atlas de planches oblongs.

The London.... *Journal de Sciences et Magasin philosophique de Londres et d'Édimbourg;* mai 1839, in-8°.

The Athenæum, journal; avril 1839, in-4°.

Tydschrift voor. . . . *Journal d'Histoire naturelle et de Physiologie, publiée par* MM. Van der Hoeven et de Vriese; 5e vol., 4e cahier; Leyde, 1839, in-8°.

Mikroskopische. . . . *Recherches microscopiques sur la conformité de la structure et du développement des Animaux et des Plantes; par* M. Schwann; Berlin, 1839, in-8°.

Annales da provincia. . . . *Annales de la province de Saint-Pierre; par* Pinheiro, vicomte de Saint-Léopold, 2e édition; Paris, 1839, in-8°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; mai 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 20, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 57—59, in-4°.

La France industrielle; 6e année, n° 7.

L'Expérience, journal de Médecine et de Chirurgie; n° 98, in-8°.

Gazette des Médecins praticiens; n° 14, 1re année.

L'Histoire de la ville de Toulon; par M. Piffard; prospectus, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 MAI 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE.— *Suite du Mémoire sur les mouvements infiniment petits de deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ II. *Équations des mouvements infiniment petits de deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement.*

« Considérons, dans les deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement, un mouvement vibratoire, en vertu duquel chaque molécule s'écarte très peu de sa position initiale. Si l'on cherche les lois du mouvement, celles du moins qui subsistent quelque petite que soit l'étendue des vibrations moléculaires, alors en regardant les déplacements

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

et leurs différences

$$\Delta\xi,\ \Delta\eta,\ \Delta\zeta,\ \Delta\xi_{,},\ \Delta\eta_{,},\ \Delta\zeta_{,},$$

comme des quantités infiniment petites du premier ordre, on pourra négliger les carrés et les puissances supérieures, non-seulement de ces

déplacements et de leurs différences, mais aussi des quantités

$$\rho \text{ et } \rho_{,}, \quad {}_{,}\rho \text{ et } \rho_{,,},$$

dans les développements des expressions que renferment les formules (4) (5), (8), (9) du premier paragraphe; et l'on pourra encore supposer indifféremment que des quatre variables indépendantes

$$x, y, z, t,$$

les trois premières représentent ou les coordonnées initiales de la molécule m ou $m_{,}$, ou ses coordonnées courantes qui, en vertu de l'hypothèse admise, différeront très peu des premières. Cela posé, si l'on a égard aux formules (3) du § Ier, les formules (4) et (5) du même paragraphe donneront

$$(1) \quad \begin{cases} \rho = \dfrac{\mathrm{x}\Delta\xi + \mathrm{y}\Delta\eta + \mathrm{z}\Delta\zeta}{r}, \\ \rho_{,} = \dfrac{\mathrm{x}(\xi_{,} - \xi + \Delta\xi_{,}) + \mathrm{y}(\eta_{,} - \eta + \Delta\eta_{,}) + \mathrm{z}(\zeta_{,} - \zeta + \Delta\zeta_{,})}{r}, \end{cases}$$

et

$$(2) \quad \begin{cases} \dfrac{d^2\xi}{dt^2} = \mathrm{S}[m f(r)\Delta\xi] + \mathrm{S}\left[m \dfrac{df(r)}{dr}\mathrm{x}\rho\right] \\ \qquad + \mathrm{S}[m_{,}f_{,}(r)(\xi_{,} - \xi + \Delta\xi_{,})] + \mathrm{S}\left[m_{,} \dfrac{df_{,}(r)}{dr}\mathrm{x}\rho_{,}\right], \\ \dfrac{d^2\eta}{dt^2} = \mathrm{S}[m f(r)\Delta\eta] + \mathrm{S}\left[m \dfrac{df(r)}{dr}\mathrm{y}\rho\right] \\ \qquad + \mathrm{S}[m_{,}f_{,}(r)(\eta_{,} - \eta + \eta_{,})] + \mathrm{S}\left[m_{,} \dfrac{df_{,}(r)}{dr}\mathrm{y}\rho_{,}\right], \\ \dfrac{d^2\zeta}{dt^2} = \mathrm{S}[m f(r)\Delta\zeta] + \mathrm{S}\left[m \dfrac{df(r)}{dr}\mathrm{z}\rho\right] \\ \qquad + \mathrm{S}[m_{,}f_{,}(r)(\zeta_{,} - \zeta + \Delta\zeta_{,})] + \mathrm{S}\left[m_{,} \dfrac{df_{,}(r)}{dr}\mathrm{z}\rho_{,}\right]; \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même,

$$(3) \quad \begin{cases} \dfrac{d^2\xi}{dt^2} = \mathrm{L}\xi + \mathrm{R}\eta + \mathrm{Q}\xi + \mathrm{L}_{,}\xi_{,} + \mathrm{R}_{,}\eta_{,} + \mathrm{Q}_{,}\zeta_{,}, \\ \dfrac{d^2\eta}{dt^2} = \mathrm{R}\xi + \mathrm{M}\eta + \mathrm{P}\xi + \mathrm{P}_{,}\xi_{,} + \mathrm{M}_{,}\eta_{,} + \mathrm{P}_{,}\zeta_{,}, \\ \dfrac{d^2\zeta}{dt^2} = \mathrm{Q}\xi + \mathrm{P}\eta + \mathrm{N}\xi + \mathrm{Q}_{,}\xi_{,} + \mathrm{P}_{,}\eta_{,} + \mathrm{N}_{,}\zeta_{,}, \end{cases}$$

pourvu que, 8 désignant une fonction quelconque des variables x, y, z, et

$$\Delta 8$$

l'accroissement de υ dans le cas où l'on fait croître

$$x \text{ de } \mathrm{x}, \quad y \text{ de } \mathrm{y}, \quad z \text{ de } \mathrm{z},$$

on représente, à l'aide des lettres

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ \mathrm{N},\ \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ \mathrm{R},$$
$$\mathrm{L}_{,},\ \mathrm{M}_{,},\ \mathrm{N}_{,},\ \mathrm{P}_{,},\ \mathrm{Q}_{,},\ \mathrm{R}_{,},$$

non pas des quantités, mais des caractéristiques déterminées par les formules

$$\mathrm{L}\upsilon = \mathrm{S}\left\{m\left[f(r) + \frac{\mathrm{x}^2}{r}\frac{df(r)}{dr}\right]\Delta\upsilon\right\} - \mathrm{S}[m_{,}f_{,}(r)\upsilon], \mathrm{M} = \ldots, \quad \mathrm{N} = \ldots,$$
$$\mathrm{P}\upsilon = \mathrm{S}\left\{m\frac{\mathrm{yz}}{r}\frac{df(r)}{dr}\Delta\upsilon\right\}, \qquad \mathrm{Q} = \ldots, \quad \mathrm{R} = \ldots,$$
$$\mathrm{L}_{,}\upsilon = \mathrm{S}\left\{m_{,}\left[f_{,}(r) + \frac{\mathrm{x}^2}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}\right](\upsilon + \Delta\upsilon)\right\}, \qquad \mathrm{M}_{,} = \ldots, \quad \mathrm{N}_{,} = \ldots,$$
$$\mathrm{P}_{,}\upsilon = \mathrm{S}\left\{m_{,}\frac{\mathrm{yz}}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}\right\}, \qquad \mathrm{Q}_{,} = \ldots, \quad \mathrm{R}_{,} = \ldots.$$

Comme d'ailleurs ces diverses formules doivent servir à déterminer les caractéristiques

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ \mathrm{N},\ \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ \mathrm{R},\quad \mathrm{L}_{,},\ \mathrm{M}_{,},\ \mathrm{N}_{,},\ \mathrm{P}_{,},\ \mathrm{Q}_{,},\ \mathrm{R}_{,},$$

quelle que soit la fonction de x, y, z désignée par υ, elles peuvent être, pour plus de simplicité, présentées sous la forme

$$(4)\quad \begin{cases} \mathrm{L} = \mathrm{S}\left\{m\left[f(r) + \frac{\mathrm{x}^2}{r}\frac{df(r)}{dr}\right]\Delta\right\} - \mathrm{S}[(m_{,}f_{,}(r)], \ \mathrm{M} = \ldots, \quad \mathrm{N} = \ldots, \\ \mathrm{P} = \mathrm{S}\left\{m\frac{\mathrm{yz}}{r}\frac{df(r)}{dr}\Delta\right\}, \qquad \mathrm{Q} = \ldots, \quad \mathrm{R} = \ldots, \end{cases}$$

$$(5)\quad \begin{cases} \mathrm{L}_{,} = \mathrm{S}\left\{m_{,}\left[f_{,}(r) + \frac{\mathrm{x}^2}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}\right](1 + \Delta)\right\}, \qquad \mathrm{M}_{,} = \ldots, \quad \mathrm{N}_{,} = \ldots, \\ \mathrm{P}_{,} = \mathrm{S}\left\{m_{,}\frac{\mathrm{yz}}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}(1 + \Delta)\right\}, \qquad \mathrm{Q}_{,} = \ldots, \quad \mathrm{R}_{,} = \ldots, \end{cases}$$

Enfin, si l'on désigne, à l'aide des caractéristiques

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_z,\ \mathrm{D}_t,$$

et de leurs puissances entières, les dérivées qu'on obtient quand on différentie une ou plusieurs fois de suite une fonction des variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

par rapport à ces mêmes variables, les équations (3) pourront s'écrire comme il suit

$$(6)\quad \begin{cases} (L - D_t^2)\xi + R\eta + Q\zeta + L_{,}\xi_{,} + R_{,}\eta_{,} + Q_{,}\zeta_{,} = 0, \\ R\xi + (M - D_t^2)\eta + P\zeta + R_{,}\xi_{,} + M_{,}\eta_{,} + P_{,}\zeta_{,} = 0, \\ Q\xi + P\eta + (N - D_t^2)\zeta + Q_{,}\xi_{,} + P_{,}\eta_{,} + N_{,}\zeta_{,} = 0. \end{cases}$$

De même, en supposant les caractéristiques

$$L_{,,},\ M_{,,},\ N_{,,},\ P_{,,},\ Q_{,,},\ R_{,,},$$
$${}_{,}L,\ {}_{,}M,\ {}_{,}N,\ {}_{,}P,\ {}_{,}Q,\ {}_{,}R,$$

déterminées par les formules

$$(7)\quad \begin{cases} L_{,,} = S\left\{m_{,}\left[f_{,,}(r) + \frac{x^2}{r}\frac{df_{,,}(r)}{dr}\right]\right\} - S\,[mf_{,}(r)], & M_{,,} = \ldots, \quad N_{,,} = \ldots, \\ P_{,,} = S\left\{m_{,}\frac{yz}{r}\frac{df_{,,}(r)}{dr}\right\}, & Q_{,,} = \ldots, \quad R_{,,} = \ldots, \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} {}_{,}L = S\left\{m\left[f_{,}(r) + \frac{x^2}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}\right](1+\Delta)\right\}, & {}_{,}M = \ldots, \quad {}_{,}N = \ldots, \\ {}_{,}P = S\left\{m\ \frac{yz}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}(1+\Delta)\right\}, & {}_{,}Q = \ldots, \quad {}_{,}R = \ldots, \end{cases}$$

on tirera des formules (9) du § Ier, pour le cas où le mouvement est infiniment petit,

$$(9)\quad \begin{cases} {}_{,}L\xi + {}_{,}R\eta + {}_{,}Q\zeta + (L_{,,} - D_t^2)\xi_{,} + R_{,,}\eta_{,} + Q_{,,}\zeta_{,} = 0, \\ {}_{,}R\xi + {}_{,}M\eta + {}_{,}P\zeta + R_{,,}\xi_{,} + (M_{,,} - D_t^2)\eta_{,} + P_{,,}\zeta_{,} = 0, \\ {}_{,}Q\xi + {}_{,}P\eta + {}_{,}N\zeta + Q_{,,}\xi_{,} + R_{,,}\eta_{,} + (N_{,,} - D_t^2)\zeta_{,} = 0. \end{cases}$$

On ne doit pas oublier que, dans les formules (4), (5), (7), (8), on a

$$(10)\qquad f(r) = \frac{\mathrm{f}(r)}{r},\quad f_{,}(r) = \frac{\mathrm{f}_{,}(r)}{r},\quad f_{,,}(r) = \frac{\mathrm{f}_{,,}(r)}{r},$$

les fonctions

$$\mathrm{f}(r),\qquad \mathrm{f}_{,}(r),\qquad \mathrm{f}_{,,}(r),$$

étant celles qui représentent le rapport entre l'action mutuelle de deux molécules, séparées par la distance r, et le produit de leurs masses, 1° dans le cas où les deux molécules font partie du premier des systèmes donnés; 2° dans le cas où l'une appartient au premier système et l'autre au second; 3° dans le cas où toutes deux font partie du second système.

» Pour réduire les équations (6) et (9) à la forme d'équations linéaires aux différences partielles, il suffira de développer, dans les seconds membres de ces équations, les différences finies des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\qquad \xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

en séries ordonnées suivant leurs dérivées des divers ordres. On y par-

viendra aisément à l'aide de la formule de Taylor, en vertu de laquelle on aura

$$8 + \Delta 8 = e^{xD_x + yD_y + zD_z} 8,$$

quelle que soit la fonction de

$$x, y, z$$

désignée par 8, et par conséquent

$$(11) \qquad 1 + \Delta = e^{xD_x + yD_y + zD_z}, \quad \Delta = e^{xD_x + yD_y + zD_z} - 1.$$

Cela posé, dans les équations (6) et (9) ramenées à la forme d'équations aux différences partielles, les coefficients des dérivées des variables principales se réduiront toujours à des sommes dans chacune desquelles la masse m ou $m_{,}$ se trouvera multipliée sous le signe S par des puissances de x, y, z, et par une fonction de r. Ainsi, en particulier, les coefficients dont il s'agit se réduiront, dans les seconds membres des équations (6), à des sommes de l'une des formes

$$(12) \qquad S[m x^n y^{n'} z^{n''} f(r)], \quad S\left[m x^n y^{n'} z^{n''} \frac{df(r)}{dr}\right],$$

$$(13) \qquad S[m_{,} x^n y^{n'} z^{n''} f_{,}(r)], \quad S\left[m_{,} x^n y^{n'} z^{n''} \frac{df_{,}(r)}{dr}\right],$$

et, dans les seconds membres des équations (9), à des sommes de l'une des formes

$$(14) \qquad S[m_{,} x^n y^{n'} z^{n''} f_{,,}(r)], \quad S\left[m x^n y^{n'} z^{n''} \frac{df_{,,}(r)}{dr}\right],$$

$$(15) \qquad S[m x^n y^{n'} z^{n''} f_{,}(r)], \quad S\left[m x^n y^{n'} z^{n''} \frac{df_{,}(r)}{dr}\right],$$

n, n', n'' désignant des nombres entiers.

» On pourra regarder la constitution du second système de molécules comme étant partout la même, si les sommes (13), (14) se réduisent à des quantités constantes, c'est-à-dire à des quantités indépendantes des coordonnées

$$x, y, z,$$

de la molécule m ou $m_{,}$. C'est ce qui aura lieu, par exemple, quand le second système sera un corps homogène, gazeux ou liquide ou cristallisé. Si d'ailleurs, les molécules étant dans le premier système beaucoup plus rapprochées les unes des autres que dans le second, les sommes (12) et (15) reprennent périodiquement les mêmes valeurs quand on fait croître ou décroître en progression arithmétique chacune des trois coordonnées

x, y, z, et si les rapports des trois progressions arithmétiques, correspondantes aux trois coordonnées, sont très petits; alors, en vertu d'un théorème que nous avons établi, on pourra substituer à ces mêmes sommes leurs valeurs moyennes sans qu'il en résulte d'erreur sensible dans le calcul des vibrations du système et des déplacements moléculaires. Donc alors les équations des mouvements infiniment petits des deux systèmes, c'est-à-dire les équations (6) et (9) pourront être considérées comme des équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants entre les six variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

et les quatre variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t.$$

De semblables équations sont propres à représenter, par exemple, les mouvements infiniment petits du fluide lumineux renfermé dans un corps homogène, isophane ou non isophane, opaque ou transparent.

» Comme nous venons de le dire, dans le cas où les sommes (12) et (15) reprennent périodiquement les mêmes valeurs, tandis que l'on fait croître ou décroître les coordonnées en progression arithmétique, une condition nécessaire pour que l'on puisse sans erreur sensible substituer à ces mêmes sommes leurs valeurs moyennes, c'est que les rapports des trois progressions arithmétiques correspondantes aux trois coordonnées soient très petits. Il y a plus, si l'on veut appliquer le théorème rappelé ci-dessus, et par lequel on établit cette proposition, à un mouvement simple caractérisé par une exponentielle népérienne dans l'exposant de laquelle les coefficients des coordonnées soient imaginaires, on reconnaîtra que, pour rendre légitime la substitution dont il s'agit, on doit supposer très petits non-seulement les rapports des trois progressions arithmétiques, mais encore les produits des sommes (12) ou (15) par l'un quelconque de ces rapports.

§ III. *Mouvements simples.*

» Les équations (6) et (9) du paragraphe précédent peuvent être traitées comme des équations linéaires à coefficients constants, non-seulement dans le cas où, la constitution des deux systèmes de molécules étant partout la même, les sommes (12), (13), (14), (15) demeurent constantes, mais aussi dans le cas où, les sommes (13), (14), étant constantes, les sommes (12), (15) varient périodiquement quand on fait croître ou décroître les

coordonnées en progression arithmétique, pourvu que dans ce dernier cas les produits des sommes (12) ou (15) par le rapport de l'une quelconque des trois progressions arithmétiques correspondantes aux trois coordonnées soient très petits. Seulement, on devra, dans le dernier cas, après avoir intégré les formules (6), (9), comme si toutes les sommes (12), (13), (14), (15) étaient constantes, remplacer dans les intégrales trouvées chacune de ces sommes par sa valeur moyenne. C'est ainsi que l'on obtiendra, par exemple, les vibrations de la lumière dans un corps diaphane, en supposant que le rayon de la sphère d'activité d'une molécule du corps, c'est-à-dire la distance au-delà de laquelle cette action devient insensible et peut être négligée, soit peu considérable relativement à la longueur d'une ondulation lumineuse.

» Comme la solution de plusieurs problèmes de Physique mathématique peut dépendre de l'intégration des équations (6) et (9) du paragraphe précédent, considérées comme équations linéaires à coefficients constants; nous allons rechercher ici les intégrales de ces équations, en nous bornant pour l'instant aux intégrales qui représentent des mouvements simples, c'est-à-dire en supposant les déplacements effectifs ou du moins les déplacements symboliques tous proportionnels à une même exponentielle népérienne, dont l'exposant soit une fonction linéaire des coordonnées et du temps.

» Lorsque les sommes (12), (13), (14), (15), du § II demeurent constantes, alors, pour satisfaire aux équations (6) et (9) du même paragraphe, il suffit de supposer les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

toutes proportionnelles à une même exponentielle népérienne dont l'exposant soit une fonction linéaire des variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

et de prendre en conséquence

$$(1)\qquad \xi = \mathrm{A}e^{ux+vy+wz-st},\quad \eta = \mathrm{B}e^{ux+vy+wz-st},\quad \zeta = \mathrm{C}e^{ux+vy+wz-st},$$

$$(2)\qquad \xi_{,} = \mathrm{A}_{,}e^{ux+vy+wz-st},\quad \eta_{,} = \mathrm{B}_{,}e^{ux+vy+wz-st},\quad \zeta_{,} = \mathrm{C}_{,}e^{ux+vy+wz-st},$$

u, v, w, s, A, B, C, $\mathrm{A}_{,}$, $\mathrm{B}_{,}$, $\mathrm{C}_{,}$ désignant des constantes réelles ou imaginaires convenablement choisies. En effet, si l'on substitue les valeurs précédentes de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \xi_{,},\ \eta_{,},\ \zeta_{,},$$

dans les équations (6) et (9) du second paragraphe, tous les termes seront divisibles par l'exponentielle

$$e^{ux+vy+wz-st},$$

et après la division effectuée, ces équations seront réduites à d'autres de la forme

$$(3)\quad \begin{cases} (\mathcal{L}-s^2)A + \mathcal{R}B + \mathcal{Q}C + \mathcal{L}_{,}A_{,} + \mathcal{R}_{,}B_{,} + \mathcal{Q}_{,}C_{,} = 0, \\ \mathcal{R}A + (\mathcal{M}-s^2)B + \mathcal{P}C + \mathcal{R}_{,}A_{,} + \mathcal{M}_{,}B_{,} + \mathcal{P}_{,}C_{,} = 0, \\ \mathcal{Q}A + \mathcal{P}B + (\mathcal{N}-s^2)C + \mathcal{Q}_{,}A_{,} + \mathcal{P}_{,}B_{,} + \mathcal{N}_{,}C_{,} = 0; \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} {}_{,}\mathcal{L}A + {}_{,}\mathcal{R}B + {}_{,}\mathcal{Q}C + (\mathcal{L}_{,,}-s^2)A_{,} + \mathcal{R}_{,,}B_{,} + \mathcal{Q}_{,,}C_{,} = 0, \\ {}_{,}\mathcal{R}A + {}_{,}\mathcal{M}B + {}_{,}\mathcal{P}C + \mathcal{R}_{,,}A_{,} + (\mathcal{M}_{,,}-s^2)B_{,} + \mathcal{P}_{,,}C_{,} = 0, \\ {}_{,}\mathcal{Q}A + {}_{,}\mathcal{P}B + {}_{,}\mathcal{N}C + \mathcal{Q}_{,,}A_{,} + \mathcal{P}_{,,}B_{,} + (\mathcal{N}_{,,}-s^2)C_{,} = 0; \end{cases}$$

les valeurs des coefficients

$$\mathcal{L},\ \mathcal{M},\ \mathcal{N},\ \mathcal{P},\ \mathcal{Q},\ \mathcal{R};\quad \mathcal{L}_{,},\ \mathcal{M}_{,},\ \mathcal{N}_{,},\ \mathcal{P}_{,},\ \mathcal{Q}_{,},\ \mathcal{R}_{,};$$
$${}_{,}\mathcal{L},\ {}_{,}\mathcal{M},\ {}_{,}\mathcal{N},\ {}_{,}\mathcal{P},\ {}_{,}\mathcal{Q},\ {}_{,}\mathcal{R};\quad \mathcal{L}_{,,},\ \mathcal{M}_{,,},\ \mathcal{N}_{,,},\ \mathcal{P}_{,,},\ \mathcal{Q}_{,,},\ \mathcal{R}_{,,},$$

étant déterminées par les formules

$$\mathcal{L} = S\left\{m\left[f[(r)+\frac{x^2}{r}\frac{df(r)}{dr}\right](e^{ux+vy+wz}-1)\right\} - S[m_{,}f_{,}(r)],\quad \mathcal{M}=\ldots,\ \mathcal{N}=\ldots,$$
$$\mathcal{P} = S\left\{m\frac{yz}{r}\frac{df(r)}{dr}(e^{ux+vy+wz}-1)\right\},\quad \mathcal{Q}=\ldots,\ \mathcal{R}=\ldots,$$
$$\mathcal{L}_{,} = S\left\{m_{,}\left[f_{,}(r)+\frac{x^2}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}\right]e^{ux+vy+wz}\right\},\quad \mathcal{M}_{,}=\ldots,\ \mathcal{N}_{,}=\ldots,$$
$$\mathcal{P}_{,} = S\left\{m_{,}\frac{yz}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}e^{ux+vy+wz}\right\},\quad \mathcal{Q}_{,}=\ldots,\ \mathcal{R}_{,}=\ldots,$$
$${}_{,}\mathcal{L} = S\left\{m\left[f_{,}(r)+\frac{x^2}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}\right]e^{ux+vy+wz}\right\},\quad {}_{,}\mathcal{M}=\ldots,\ {}_{,}\mathcal{N}=\ldots,$$
$${}_{,}\mathcal{P} = S\left\{m\frac{yz}{r}\frac{df_{,}(r)}{dr}e^{ux+vy+wz}\right\},\quad {}_{,}\mathcal{Q}=\ldots,\ {}_{,}\mathcal{R}=\ldots,$$
$$\mathcal{L}_{,,} = S\left\{m_{,}\left[f_{,,}(r)+\frac{x^2}{r}\frac{df_{,,}(r)}{dr}\right](e^{ux+vy+wz}-1)\right\},\quad \mathcal{M}_{,,}=\ldots\ \mathcal{N}_{,,}=\ldots,$$
$$\mathcal{P}_{,,} = S\left\{m_{,}\frac{yz}{r}\frac{df_{,,}(r)}{dr}(e^{ux+vy+wz}-1\right\},\quad \mathcal{Q}_{,,}=\ldots,\ \mathcal{R}_{,,}=\ldots,$$

ou, ce qui revient au même, par les formules

$$(5)\quad \begin{cases} \mathcal{L} = \mathcal{G} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{du^2}, & \mathcal{M} = \mathcal{G} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dv^2}, \quad \mathcal{N} = \mathcal{G} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dw^2}, \\ \mathcal{P} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dv\,dw}; & \mathcal{Q} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{dw\,du} \quad \mathcal{R} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}}{du\,dv}; \end{cases}$$

$$(6)\quad \begin{cases} \mathcal{L}_{,} = \mathcal{G}_{,} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}_{,}}{du^2}, & \mathcal{M}_{,} = \mathcal{G}_{,} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}_{,}}{dv^2}, \quad \mathcal{N}_{,} = \mathcal{G}_{,} + \dfrac{d^2\mathfrak{H}_{,}}{dw^2}, \\ \mathcal{P}_{,} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}_{,}}{du\,dw}, & \mathcal{Q}_{,} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}_{,}}{dw\,du}, \quad \mathcal{R}_{,} = \dfrac{d^2\mathfrak{H}_{,}}{du\,dv}; \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} {}_{\prime}\mathcal{L} = {}_{\prime}\mathcal{G} + \dfrac{d^2\,{}_{\prime}\mathcal{S}}{du^2}, & {}_{\prime}\mathfrak{M} = {}_{\prime}\mathcal{G} + \dfrac{d^2\,{}_{\prime}\mathcal{S}}{dv^2}, & {}_{\prime}\mathfrak{N} = {}_{\prime}\mathcal{G} + \dfrac{d^2\,{}_{\prime}\mathcal{S}}{dw^2}, \\ {}_{\prime}\mathfrak{P} = \dfrac{d^2\,{}_{\prime}\mathcal{S}}{dv\,dw}, & {}_{\prime}\mathfrak{Q} = \dfrac{d^2\,{}_{\prime}\mathcal{S}}{dw\,du}, & {}_{\prime}\mathfrak{R} = \dfrac{d^2\,{}_{\prime}\mathcal{S}}{du\,dv}; \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} \mathcal{L}_{\prime\prime} = \mathcal{G}_{\prime\prime} + \dfrac{d^2\mathcal{S}_{\prime\prime}}{du^2}, & \mathfrak{M}_{\prime\prime} = \mathcal{G}_{\prime\prime} + \dfrac{d^2\mathcal{S}_{\prime\prime}}{dv^2}, & \mathfrak{N}_{\prime\prime} = \mathcal{G}_{\prime\prime} + \dfrac{d^2\mathcal{S}_{\prime\prime}}{dw^2}, \\ \mathfrak{P}_{\prime\prime} = \dfrac{d^2\mathcal{S}_{\prime\prime}}{dv\,dw}, & \mathfrak{Q}_{\prime\prime} = \dfrac{d^2\mathcal{S}_{\prime\prime}}{dw\,du}, & \mathfrak{R}_{\prime\prime} = \dfrac{d^2\mathcal{S}_{\prime\prime}}{du\,dv}, \end{cases}$$

les valeurs de

$$\mathcal{G},\ \mathcal{S};\ \ \mathcal{G}_{\prime},\ \mathcal{S}_{\prime};\ \ {}_{\prime}\mathcal{G},\ {}_{\prime}\mathcal{S};\ \ \mathcal{G}_{\prime\prime},\ \mathcal{S}_{\prime\prime},$$

étant respectivement

$$(9)\quad \begin{cases} \mathcal{G} = \mathrm{S}\left[mf(r)\left(e^{ux+vy+wz}-1\right)\right] - \mathrm{S}\left[m_{\prime}f_{\prime}(r)\right], \\ \mathcal{S} = \mathrm{S}\left\{\dfrac{m}{r}\dfrac{df(r)}{dr}\left[e^{ux+vy+wz}-1-(ux+vy+wz)-\dfrac{(ux+vy+wz)^2}{2}\right]\right\}; \end{cases}$$

$$(10)\quad \begin{cases} \mathcal{G}_{\prime} = \mathrm{S}\left[m_{\prime}f_{\prime}(r)\,e^{ux+vy+wz}\right], \\ \mathcal{S}_{\prime} = \mathrm{S}\left[\dfrac{m_{\prime}}{r}\dfrac{df_{\prime}(r)}{dr}\,e^{ux+vy+wz}\right]; \end{cases}$$

$$(11)\quad \begin{cases} {}_{\prime}\mathcal{G} = \mathrm{S}\left[m\,f_{\prime}(r)\,e^{ux+vy+wz}\right], \\ {}_{\prime}\mathcal{S} = \mathrm{S}\left[\dfrac{m}{r}\dfrac{df_{\prime}(r)}{dr}\,e^{ux+vy+wz}\right]; \end{cases}$$

$$(12)\quad \begin{cases} \mathcal{G}_{\prime\prime} = \mathrm{S}\left[m_{\prime}f_{\prime\prime}(r)\left(e^{ux+vy+wz}-1\right)\right] - \mathrm{S}\left[mf_{\prime}(r)\right], \\ \mathcal{S}_{\prime\prime} = \mathrm{S}\left\{\dfrac{m_{\prime}}{r}\dfrac{df_{\prime\prime}(r)}{dr}\left[e^{ux+vy+wz}-1-(ux+vy+wz)-\dfrac{(ux+vy+wz)^2}{2}\right]\right\}. \end{cases}$$

Or, lorsque les sommes (12), (13), (14), (15) du § IV demeurent constantes, on peut en dire autant des valeurs de

$$\mathcal{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{R},\ \ \mathcal{L}_{\prime},\ \mathfrak{M}_{\prime},\ \text{etc.},$$

que fournissent les équations (5), (6), (7), (8), jointes aux formules (9), (10), (11), (12), et qui sont développables avec l'exponentielle

$$e^{ux+vy+wz}$$

en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes de u, v, w. Donc alors on peut satisfaire aux équations (3) et (4) par des valeurs constantes des facteurs

$$A,\ B,\ C,\ \ A_{\prime},\ B_{\prime},\ C_{\prime},$$

» Soit maintenant

$$(13)\qquad \mathcal{S} = 0$$

l'équation du 6ᵉ degré en s^2 que produit l'élimination des facteurs

$$A,\ B,\ C,\ \ A_{\prime},\ B_{\prime},\ C_{\prime},$$

entre les équations (3) et (4), la valeur de S étant

$$(14)\quad S = (\mathcal{L}-s^2)(\mathcal{M}-s^2)(\mathcal{N}-s^2)(\mathcal{L}_{,}-s^2)(\mathcal{M}_{,}-s^2)(\mathcal{N}_{,}-s^2) - \text{etc.}$$

Si l'on prend pour s une quelconque des racines de l'équation (13), et si d'ailleurs on désigne par

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma,\ \alpha_{,},\ \beta_{,},\ \gamma_{,},$$

des coefficients arbitraires, on pourra présenter les équations (3) et (4) sous la forme

$$(15)\quad \begin{cases} (\mathcal{L}-s^2)A + \mathcal{R}B + \mathcal{Q}C + \mathcal{L}_{,}A_{,} + \mathcal{R}_{,}B_{,} + \mathcal{Q}_{,}C_{,} = \alpha S, \\ \mathcal{R}A + (\mathcal{M}-s^2)B + \mathcal{P}C + \mathcal{R}_{,}A_{,} + \mathcal{M}_{,}B_{,} + \mathcal{P}_{,}C_{,} = \beta S, \\ \mathcal{Q}A + \mathcal{P}B + (\mathcal{N}-s^2)C + \mathcal{Q}_{,}A_{,} + \mathcal{P}_{,}B_{,} + \mathcal{N}_{,}C_{,} = \gamma S; \end{cases}$$

$$(16)\quad \begin{cases} {}_{,}\mathcal{L}A + {}_{,}\mathcal{R}B + {}_{,}\mathcal{Q}C + (\mathcal{L}_{,,}-s^2)A_{,} + \mathcal{R}_{,,}B_{,} + \mathcal{Q}_{,,}C_{,} = \alpha_{,}S, \\ {}_{,}\mathcal{R}A + {}_{,}\mathcal{M}B + {}_{,}\mathcal{P}C + \mathcal{R}_{,,}A_{,} + (\mathcal{M}_{,,}-s^2)B_{,} + \mathcal{P}_{,,}C_{,} = \beta_{,}S, \\ {}_{,}\mathcal{Q}A + {}_{,}\mathcal{P}B + {}_{,}\mathcal{N}C + \mathcal{Q}_{,,}A_{,} + \mathcal{P}_{,,}B_{,} + (\mathcal{N}_{,,}-s^2)C_{,} = \gamma_{,}S. \end{cases}$$

Or, en laissant à s une valeur indéterminée, on tirera de ces dernières équations résolues par rapport aux facteurs A, B, C, $A_{,}$, $B_{,}$, $C_{,}$,

$$(17)\quad \begin{cases} A = \mathfrak{L}\alpha + \mathfrak{R}\beta + \mathfrak{Q}\gamma + \mathfrak{L}_{,}\alpha_{,} + \mathfrak{R}_{,}\beta_{,} + \mathfrak{Q}_{,}\gamma_{,}, \\ B = \mathfrak{R}\alpha + \mathfrak{M}\beta + \mathfrak{P}\gamma + \mathfrak{R}_{,}\alpha_{,} + \mathfrak{M}_{,}\beta_{,} + \mathfrak{P}_{,}\gamma_{,}, \\ C = \mathfrak{Q}\alpha + \mathfrak{P}\beta + \mathfrak{N}\gamma + \mathfrak{Q}_{,}\alpha_{,} + \mathfrak{P}_{,}\beta_{,} + \mathfrak{N}_{,}\gamma_{,}, \end{cases}$$

$$(18)\quad \begin{cases} A_{,} = {}_{,}\mathfrak{L}\alpha + {}_{,}\mathfrak{R}\beta + {}_{,}\mathfrak{Q}\gamma + \mathfrak{L}_{,,}\alpha_{,} + \mathfrak{R}_{,,}\beta_{,} + \mathfrak{Q}_{,,}\gamma_{,}, \\ B_{,} = {}_{,}\mathfrak{R}\alpha + {}_{,}\mathfrak{M}\beta + {}_{,}\mathfrak{P}\gamma + \mathfrak{R}_{,,}\alpha_{,} + \mathfrak{M}_{,,}\beta_{,} + \mathfrak{P}_{,,}\gamma_{,}, \\ C_{,} = {}_{,}\mathfrak{Q}\alpha + {}_{,}\mathfrak{P}\beta + {}_{,}\mathfrak{N}\gamma + \mathfrak{Q}_{,,}\alpha_{,} + \mathfrak{P}_{,,}\beta_{,} + \mathfrak{N}_{,,}\gamma_{,}, \end{cases}$$

et par suite

$$(19)\quad \begin{aligned} &\frac{A}{\mathfrak{L}\alpha + \mathfrak{R}\beta + \mathfrak{Q}\gamma + \mathfrak{L}_{,}\alpha_{,} + \mathfrak{R}_{,}\beta_{,} + \mathfrak{Q}_{,}\gamma_{,}} \\ = &\frac{B}{\mathfrak{R}\alpha + \mathfrak{M}\beta + \mathfrak{P}\gamma + \mathfrak{R}_{,}\alpha_{,} + \mathfrak{M}_{,}\beta_{,} + \mathfrak{P}_{,}\gamma_{,}} \\ = &\frac{C}{\mathfrak{Q}\alpha + \mathfrak{P}\beta + \mathfrak{N}\gamma + \mathfrak{Q}_{,}\alpha_{,} + \mathfrak{P}_{,}\beta_{,} + \mathfrak{N}_{,}\gamma_{,}} \\ = &\frac{A_{,}}{{}_{,}\mathfrak{L}\alpha + {}_{,}\mathfrak{R}\beta + {}_{,}\mathfrak{Q}\gamma + \mathfrak{L}_{,,}\alpha_{,} + \mathfrak{R}_{,,}\beta_{,} + \mathfrak{Q}_{,,}\gamma_{,}} \\ = &\frac{B_{,}}{{}_{,}\mathfrak{R}\alpha + {}_{,}\mathfrak{M}\beta + {}_{,}\mathfrak{P}\gamma + \mathfrak{R}_{,,}\alpha_{,} + \mathfrak{M}_{,,}\beta_{,} + \mathfrak{P}_{,,}\gamma_{,}} \\ = &\frac{C_{,}}{{}_{,}\mathfrak{Q}\alpha + {}_{,}\mathfrak{P}\beta + {}_{,}\mathfrak{N}\gamma + \mathfrak{Q}_{,,}\alpha_{,} + \mathfrak{P}_{,,}\beta_{,} + \mathfrak{N}_{,,}\gamma_{,}}, \end{aligned}$$

les nouveaux facteurs

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{R},\ \mathfrak{L}_{,},\ \mathfrak{M}_{,},\ \text{etc.}\ldots,$$

étant des fonctions entières de s, toutes du 8 dégré, à l'exception des seuls facteurs

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N};\ \mathfrak{L}_{\prime\prime},\ \mathfrak{M}_{\prime\prime},\ \mathfrak{N}_{\prime\prime},$$

qui seront du 5ᵉ degré par rapport à s^2, et du 10ᵉ par rapport à s. Donc les valeurs des facteurs

$$A,\ B,\ C,\ A_{\prime},\ B_{\prime},\ C_{\prime},$$

déterminées par les formules (17), (18), vérifieront généralement les formules (15) et (16). Donc, lorsqu'on prendra pour s une racine de l'équation (13), elles vérifieront les formules (3) et (4), quelles que soient d'ailleurs les valeurs attribuées aux constantes

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma,\ \alpha_{\prime},\ \beta_{\prime},\ \gamma_{\prime};$$

et celles-ci demeurant arbitraires, les valeurs des rapports

$$\frac{B}{A},\ \frac{C}{A},\ \frac{A_{\prime}}{A},\ \frac{B_{\prime}}{A},\ \frac{C_{\prime}}{A},$$

propres à vérifier les formules (3) et (4) seront précisément celles que fournit la formule (19). Si l'on suppose en particulier les constantes

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma,\ \alpha_{\prime},\ \beta_{\prime},\ \gamma_{\prime},$$

toutes réduites à zéro, à l'exception d'une seule, la formule (19) donnera successivement

$$(20)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{A}{\mathfrak{L}} = \frac{B}{\mathfrak{N}} = \frac{C}{\mathfrak{O}} = \frac{A_{\prime}}{\mathfrak{L}_{\prime}} = \frac{B_{\prime}}{\mathfrak{N}_{\prime}} = \frac{C_{\prime}}{\mathfrak{O}_{\prime}},\\ &\frac{A}{\mathfrak{N}} = \frac{B}{\mathfrak{M}} = \frac{C}{\mathfrak{P}} = \frac{A_{\prime}}{\mathfrak{N}_{\prime}} = \frac{B_{\prime}}{\mathfrak{M}_{\prime}} = \frac{C_{\prime}}{\mathfrak{P}_{\prime}},\\ &\frac{A}{\mathfrak{O}} = \frac{B}{\mathfrak{P}} = \frac{C}{\mathfrak{N}} = \frac{A_{\prime}}{\mathfrak{O}_{\prime}} = \frac{B_{\prime}}{\mathfrak{P}_{\prime}} = \frac{C_{\prime}}{\mathfrak{N}_{\prime}}. \end{aligned}\right.$$

$$(21)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{A}{{}_{\prime}\mathfrak{L}} = \frac{B}{{}_{\prime}\mathfrak{N}} = \frac{C}{{}_{\prime}\mathfrak{O}} = \frac{A_{\prime}}{\mathfrak{L}_{\prime\prime}} = \frac{B_{\prime}}{\mathfrak{N}_{\prime\prime}} = \frac{C}{\mathfrak{O}_{\prime\prime}},\\ &\frac{A}{{}_{\prime}\mathfrak{N}} = \frac{B}{{}_{\prime}\mathfrak{M}} = \frac{C}{{}_{\prime}\mathfrak{P}} = \frac{A_{\prime}}{\mathfrak{N}_{\prime\prime}} = \frac{B_{\prime}}{\mathfrak{M}_{\prime\prime}} = \frac{C_{\prime}}{\mathfrak{P}_{\prime\prime}},\\ &\frac{A}{{}_{\prime}\mathfrak{O}} = \frac{B}{{}_{\prime}\mathfrak{P}} = \frac{C}{{}_{\prime}\mathfrak{N}} = \frac{A_{\prime}}{\mathfrak{O}_{\prime\prime}} = \frac{B_{\prime}}{\mathfrak{P}_{\prime\prime}} = \frac{C_{\prime}}{\mathfrak{N}_{\prime\prime}}. \end{aligned}\right.$$

» Les formules (1) et (2), lorsqu'on y suppose les constantes

$$s\quad \frac{B}{A},\ \frac{C}{A},\quad \frac{A_{\prime}}{A},\ \frac{B_{\prime}}{A},\ \frac{C_{\prime}}{A},$$

déterminées en fonctions de

$$u,\ v,\ w,$$

par l'équation (13) jointe à la formule (19), ou, ce qui revient au même, à l'une des six formules (20) et (21), représentent ce qu'on peut nommer un système d'*intégrales simples* des équations (6) et (9) du § II. Les coefficients

$$u, v, w,$$

dans ces intégrales simples, restent entièrement arbitraires, ainsi que la constante A. De plus, les valeurs des diverses constantes

$$u, v, w, s, \quad A, B, C, \quad A_{,}, B_{,}, C_{,},$$

et, par suite, les valeurs des variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \quad \xi_{,}, \eta_{,}, \zeta_{,},$$

tirées des formules (1), (2), peuvent être réelles ou imaginaires. Dans le premier cas ces variables représenteront les déplacements infiniment petits des molécules dans un mouvement infiniment petit compatible avec la constitution des deux systèmes donnés. Dans le second cas, les parties réelles des variables principales vérifieront encore les équations des mouvements infiniment petits, et ce seront évidemment ces parties réelles qui pourront être censées représenter les déplacements infiniment petits des molécules dans un mouvement de vibration compatible avec la constitution des deux systèmes. Dans l'un et l'autre cas, le mouvement infiniment petit qui correspondra aux valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta, \quad \xi_{,}, \eta_{,}, \zeta_{,},$$

fournies par les (1) et (2) sera un *mouvement simple*, dans lequel ces valeurs représenteront ou les déplacements effectifs des molécules, mesurés parallèlement aux axes coordonnés, ou leurs *déplacements symboliques*, c'est-à-dire des variables imaginaires dont les déplacements effectifs sont les parties réelles. Les équations (1), (2) elles-mêmes seront les équations finies, et dans le second cas les équations finies *symboliques* du mouvement simple dont il s'agit.

» Si l'on pose

$$(22) \quad u = \mathrm{U} + \mathrm{u}\sqrt{-1}, \quad v = \mathrm{V} + \mathrm{v}\sqrt{-1}, \quad w = \mathrm{W} + \mathrm{w}\sqrt{-1},$$

$$(23) \qquad s = \mathrm{S} + \mathrm{s}\sqrt{-1},$$

$$(24) \quad \mathrm{A} = \mathrm{a}e^{\lambda\sqrt{-1}}, \qquad \mathrm{B} = \mathrm{b}e^{\mu\sqrt{-1}}, \qquad \mathrm{C} = \mathrm{c}e^{\nu\sqrt{-1}},$$

$$(25) \quad \mathrm{A}_{,} = \mathrm{a}_{,}e^{\lambda_{,}\sqrt{-1}} \qquad \mathrm{B}_{,} = \mathrm{b}_{,}e^{\mu_{,}\sqrt{-1}} \qquad \mathrm{C}_{,} = \mathrm{c}_{,}e^{\nu_{,}\sqrt{-1}},$$

$\mathrm{u}, \mathrm{v}, \mathrm{w}, \ \mathrm{U}, \mathrm{V}, \mathrm{W}, \ \mathrm{s}, \mathrm{S}, \ \mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}, \ \lambda, \mu, \nu, \ \mathrm{a}_{,}, \mathrm{b}_{,}, \mathrm{c}_{,}, \ \lambda_{,}, \mu_{,}, \nu_{,}$, dési-

gnant des quantités réelles, et si d'ailleurs on fait pour abréger

$$(26) \qquad \mathrm{k} = \sqrt{\mathrm{u}^2 + \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2}, \qquad \mathrm{K} = \sqrt{\mathrm{U}^2 + \mathrm{V}^2 + \mathrm{W}^2},$$

$$(27) \qquad \mathrm{k}\text{r} = \mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z, \qquad \mathrm{K}\mathrm{R} = \mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z,$$

les formules (1), (2) donneront

$$(28) \qquad \begin{cases} \xi = \mathrm{a}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\text{r} - \mathrm{s}t + \lambda), \\ \eta = \mathrm{b}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\text{r} - \mathrm{s}t + \mu), \\ \zeta = \mathrm{c}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\text{r} - \mathrm{s}t + \nu), \end{cases}$$

$$(29) \qquad \begin{cases} \xi_{,} = \mathrm{a}_{,}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\text{r} - \mathrm{s}t + \lambda_{,}); \\ \eta_{,} = \mathrm{b}_{,}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\text{r} - \mathrm{s}t + \mu_{,}), \\ \zeta_{,} = \mathrm{c}_{,}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\text{r} - \mathrm{s}t + \nu_{,}), \end{cases}$$

» Comme la forme des équations (28) reste la même, quel que soit le second système de molécules, et dans le cas où ce second système disparaît, il en résulte qu'un mouvement simple susceptible de se propager à travers deux systèmes moléculaires qui se pénètrent mutuellement, est, pour chacun de ces deux systèmes, de la même nature qu'un mouvement simple capable de se propager à travers un système unique, et se réduit toujours à un mouvement par ondes planes, dans lequel chaque molécule décrit une droite, un cercle, ou une ellipse. C'est d'ailleurs ce que démontrent évidemment les formules suivantes.

» On tire des équations (28)

1° lorsque λ, μ, ν, sont égaux

$$(30) \qquad \frac{\xi}{\mathrm{a}} = \frac{\eta}{\mathrm{b}} = \frac{\zeta}{\mathrm{c}},$$

2° lorsque λ, μ, ν, ne sont pas égaux

$$(31) \qquad \begin{cases} \frac{\xi}{\mathrm{a}}\sin(\mu - \nu) + \frac{\eta}{\mathrm{b}}\sin(\nu - \lambda) + \frac{\zeta}{\mathrm{c}}\sin(\lambda - \mu) = 0, \\ \left(\frac{\eta}{\mathrm{b}}\right)^2 - 2\frac{\eta}{\mathrm{b}}\frac{\zeta}{\mathrm{c}}\cos(\mu - \nu) + \left(\frac{\zeta}{\mathrm{c}}\right)^2 = e^{2\mathrm{KR}-2\mathrm{S}t}\sin^2(\nu - \mu). \end{cases}$$

Pareillement on tire des équations (29);

» 1°. lorsque $\lambda_{,}$, $\mu_{,}$, $\nu_{,}$ sont égaux

$$(32) \qquad \frac{\xi_{,}}{\mathrm{a}_{,}} = \frac{\eta_{,}}{\mathrm{b}_{,}} = \frac{\zeta_{,}}{\mathrm{c}_{,}};$$

» 2°. lorsque λ, μ, ν ne sont pas égaux

$$(33)\quad \begin{cases} \frac{\xi_{,}}{a_{,}}\sin(\mu_{,}-\nu_{,})+\frac{\eta_{,}}{b_{,}}\sin(\nu_{,}-\lambda_{,})+\frac{\zeta_{,}}{c_{,}}\sin(\lambda_{,}-\mu_{,})=0, \\ \left(\frac{\eta_{,}}{b_{,}}\right)^2-2\frac{\eta_{,}}{b_{,}}\frac{\zeta_{,}}{c_{,}}\cos(\nu_{,}-\mu_{,})+\left(\frac{\zeta_{,}}{c_{,}}\right)^2=e^{2KR-St}\sin^2(\nu_{,}-\mu_{,}). \end{cases}$$

Donc la ligne décrite par chaque molécule du premier ou du second système est toujours une droite représentée par la formule (30) ou (32), ou bien une ellipse représentée par les formules (31) ou (33), cette ellipse pouvant se réduire à une circonférence de cercle. Le plan invariable, auquel le plan de l'ellipse reste constamment parallèle, est d'ailleurs représenté, pour le premier système de molécules, par l'équation

$$(34)\quad \frac{x}{a}\sin(\mu-\nu)+\frac{y}{b}\sin(\nu-\lambda)+\frac{z}{c}\sin(\lambda-\mu)=0,$$

et, pour le second système de molécules, par l'équation

$$(35)\quad \frac{x}{a_{,}}\sin(\mu_{,}-\nu_{,})+\frac{y}{b_{,}}\sin(\nu_{,}-\lambda_{,})+\frac{z}{c_{,}}\sin(\lambda_{,}-\mu_{,})=0.$$

Ajoutons que l'aire décrite, au bout du temps t, par le rayon vecteur de l'ellipse est représentée, dans le premier système de molécules, par l'expression

$$(36)\quad \frac{s}{4S}e^{2KR}\left(1-e^{-2St}\right)\sqrt{[b^2c^2\sin^2(\mu-\nu)+c^2a^2\sin^2(\nu-\lambda)+a^2b^2\sin^2(\lambda-\mu)]},$$

et dans le second système par l'expression

$$(37)\quad \frac{s}{4S}e^{2KR}\left(1-e^{-2St}\right)\sqrt{[b_{,}^2c_{,}^2\sin^2(\mu_{,}-\nu_{,})+c_{,}^2a_{,}^2\sin^2(\nu_{,}-\lambda_{,})+a_{,}^2b_{,}^2\sin^2(\lambda_{,}-\mu_{,})]}.$$

Donc le rapport entre les aires décrites par les rayons vecteurs des ellipses, que parcourent deux molécules correspondantes des deux systèmes donnés, reste le même à tous les instants et dans tous les points de l'espace. Ajoutons que, dans le cas particulier où S s'évanouit, c'est-à-dire où le mouvement simple est durable et persistant, chacune de ces aires croît proportionnellement au temps, puisqu'on a dans ce cas

$$\frac{1-e^{-2St}}{2S}=t.$$

» Si, en nommant

$$a,\ b,\ c,$$

les cosinus des angles formés par un axe fixe avec les demi-axes des coordonnées positives, on nomme

$$\varpi \text{ et } \varpi',$$

les déplacements des molécules du premier et du second système, mesurés parallèlement à l'axe fixe, on aura

$$\upsilon = a\xi + b\eta + c\zeta, \quad \upsilon_{,} = a\xi_{,} + b\eta_{,} + c\zeta_{,},$$

et, en posant pour abréger

$$a\mathrm{a}\cos\lambda + b\mathrm{b}\cos\mu + c\mathrm{c}\cos\nu = \mathrm{h}\cos\varpi, \quad a\mathrm{a}\sin\lambda + b\mathrm{b}\sin\mu + c\mathrm{c}\sin\nu = \mathrm{h}\sin\varpi,,$$
$$a\mathrm{a}_{,}\cos\lambda_{,} + b\mathrm{b}_{,}\cos\mu_{,} + c\mathrm{c}_{,}\cos\nu_{,} = \mathrm{h}_{,}\sin\varpi_{,}, \quad a\mathrm{a}_{,}\sin\lambda_{,} + b\mathrm{b}_{,}\sin\mu_{,} + c\mathrm{c}_{,}\sin\nu_{,} = \mathrm{h}_{,}\sin\varpi_{,},$$

on tirera des formules (28) et (29),

(39) $$\upsilon = \mathrm{h}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}r - \mathrm{s}t + \varpi),$$

(40) $$\upsilon_{,} = \mathrm{h}_{,}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}r - \mathrm{s}t + \varpi_{,}).$$

En vertu de ces dernières équations, le déplacement d'une molécule mesuré parallèlement à un axe fixe quelconque, s'évanouit pour chaque système, 1° à un instant donné dans une suite de plans équidistants, parallèles au plan invariable que représente la formule $r = 0$ ou

(41) $$\mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z = 0,$$

la distance entre deux plans consécutifs étant la moitié de la longueur

(42) $$l = \frac{2\pi}{\mathrm{k}};$$

2° pour une molécule donnée, à des instants séparés les uns des autres par la moitié de l'intervalle

(43) $$\mathrm{T} = \frac{2\pi}{\mathrm{s}}.$$

Ainsi cette distance et cet intervalle, qui représentent l'épaisseur d'une onde plane, ou la *longueur d'une ondulation*, et la *durée d'une vibration moléculaire*, restent les mêmes pour les deux systèmes, comme le plan invariable auquel les plans de toutes les ondes sont parallèles. On peut en dire autant, non-seulement de la quantité Ω déterminée par la formule

(44) $$\Omega = \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{k}} = \frac{l}{\mathrm{T}},$$

c'est-à-dire de la vitesse de propagation des ondes planes, mais aussi de l'exponentielle

$$e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t},$$

qui représente le *module* du mouvement simple, et du binome

$$\mathrm{k}r - \mathrm{s}t,$$

qui en représente l'*argument*.

» Observons encore qu'en vertu des formules (39) et (40), l'*amplitude* des vibrations moléculaires, mesurée parallèlement à un axe fixe donné, sera représentée pour le premier système, par le produit

$$2\mathrm{h}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t},$$

et, pour le second système, par le produit

$$2\mathrm{h}_{,}e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}.$$

Cette amplitude variera donc en général dans le passage d'un système à l'autre, avec le *paramètre angulaire* qui correspondra au même axe fixe, et qui sera représenté par ϖ pour le premier système, par $\varpi_{,}$ pour le second. Toutefois le rapport des amplitudes calculées pour deux molécules correspondantes des deux systèmes, étant constammment égal au rapport $\frac{h_{,}}{h}$, restera le même partout et à tous les instants. Si K et R se réduisent tous deux à zéro, les formules (39), (40) se réduiront à

$$(45) \qquad \xi = h\cos(\mathrm{k}\iota - \mathrm{s}t + \varpi),$$

$$(46) \qquad \xi_{,} = \mathrm{h}_{,}\cos(\mathrm{k}\iota - \mathrm{s}t + \varpi_{,}),$$

et les amplitudes des vibrations moléculaires représentées par

$$2\mathrm{h} \text{ et } 2\mathrm{h}_{,}$$

deviendront constantes. Enfin le mouvement s'éteindra dans les deux systèmes pour des valeurs infinies de t, si la constante S diffère de zéro, et pour des valeurs infinies de R, si la constante K diffère de zéro. Ajoutons que, dans cette dernière hypothèse, les amplitudes des vibrations moléculaires décroîtront en progression géométrique avec le module

$$e^{\mathrm{KR}-\mathrm{S}t}$$

tandis que l'on fera croître en progression arithmétique les distances au plan invariable représenté par l'équation $\mathrm{R} = 0$, ou

$$(47) \qquad \mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z = 0.$$

» D'après ce qu'on vient de dire, dans un mouvement simple de deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement, il existe, pour chacun de ces deux systèmes, trois plans invariables, et parallèles, le premier aux plans des courbes décrites par les diverses molécules, le second aux plans des ondes, le troisième à tout plan dans lequel se trouvent renfermées des molécules qui exécutent des vibrations de même amplitude.

D'ailleurs, de ces trois plans le second reste commun, ainsi que le troisième, aux deux systèmes de molécules, mais on ne saurait, du moins en général, en dire autant du premier.

» Quant aux intégrales générales des équations (6), (9), du § II, on les déduirait aisément des formules trouvées ci-dessus, à l'aide des principes exposés dans le précédent Mémoire. Mais on les obtient plus facilement encore à l'aide des méthodes qui feront l'objet du Mémoire suivant. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur l'intégration des équations linéaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Considérations générales.

« C'est de l'intégration des *équations linéaires*, et surtout des équations linéaires *à coefficients constants* que dépend la solution d'un grand nombre de problèmes de physique mathématique. Dans ces problèmes, les variables indépendantes que renferment des équations linéaires *différentielles* ou aux *différences partielles* sont ordinairement au nombre de quatre, savoir, les coordonnées et le temps; mais les inconnues ou *variables principales* peuvent être en nombre quelconque, et la question consiste à trouver les *valeurs générales* des variables principales quand on connaît leurs *valeurs initiales* correspondantes à un premier instant, et les valeurs initiales de leurs dérivées. Supposons, pour fixer les idées, ces valeurs initiales connues, quelles que soient les coordonnées. Alors la question pourrait à la rigueur se résoudre, pour un système d'équations différentielles linéaires et à coefficients constants, à l'aide des méthodes données par Lagrange, dans le cas même où ces équations offriraient pour seconds membres des fonctions de la variable indépendante. Car, après avoir réduit par l'élimination les variables principales à une seule, on pourrait, à l'aide de ces méthodes, exprimer la variable principale en fonction de la variable indépendante et de constantes arbitraires, puis assujétir la variable principale et ses dérivées à fournir les valeurs initiales données; ce qui permettrait de fixer les valeurs des constantes arbitraires, à l'aide d'équations simultanées du premier degré. On sait d'ailleurs qu'en suivant la méthode de Lagrange, on obtient pour valeur générale de la variable principale une fonction dans laquelle entrent avec la variable principale les racines d'une certaine équation que j'appellerai l'*équation caractéristique*, le degré de cette équation étant précisément l'ordre de l'équation différentielle qu'il s'agit d'intégrer. On peut donc dire en un certain sens,

que la méthode de Lagrange réduit l'intégration d'une équation différentielle linéaire à coefficients constants à la résolution de l'équation caractéristique. Toutefois, on doit observer, 1° que Lagrange est forcé lui-même de modifier sa méthode dans le cas où l'équation caractéristique offre des racines égales; 2° qu'il est bien dur pour un géomètre, qui veut suivre cette méthode, de se croire obligé à introduire dans le calcul des constantes arbitraires qui doivent être éliminées plus tard, et remplacées par les valeurs initiales de la variable principale et de ses dérivées; 3° qu'il y a même quelque inconvénient sous le rapport de la complication des calculs, à commencer par réduire un système d'équations différentielles données à une seule, qui renferme une seule variable principale, sauf à revenir par un calcul inverse de la valeur générale de cette variable principale aux valeurs de toutes les autres. Il m'a donc paru qu'un service important à rendre non-seulement aux géomètres, mais encore aux physiciens, serait de leur fournir les moyens d'exprimer immédiatement les valeurs générales des variables principales, qui doivent vérifier un système d'équations différentielles linéaires à coefficients constants, en fonction de la variable indépendante et des valeurs initiales des variables principales et de leurs dérivées, sans avoir à établir aucune distinction et à s'occuper séparément du cas où l'équation caractéristique offre deux, trois, quatre . . . . racines égales : j'ai déjà fait voir, dans les *Exercices de Mathématiques*, avec quelle facilité on atteint ce but à l'aide du calcul des résidus, quand on considère une seule variable principale déterminée par une seule équation différentielle. Je vais montrer dans ce Mémoire qu'à l'aide du même calcul on peut encore arriver au même but pour un système quelconque d'équations linéaires et à coefficients constants. La simplicité de la solution est telle, qu'elle ne peut manquer, ce me semble, d'être favorablement accueillie par tous ceux qui redoutent la longueur et la complication des calculs, et qui attachent quelque prix à l'élégance ainsi qu'à la généralité des formules. Il y a plus; la méthode que je propose ici peut être étendue et appliquée à l'intégration d'un système d'équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants. Pour opérer cette extension, il suffit de recourir aux principes que j'ai développés dans le XIXe cahier du *Journal de l'École Polytechnique*, et dans mes leçons au Collége de France. En conséquence, étant donné un système d'équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants entre les coordonnées, le temps et plusieurs variables principales, avec les fonctions qui représentent les valeurs initiales de ces variables principales et de leurs dérivées, on

pourra immédiatement exprimer, au bout d'un temps quelconque, les variables principales en fonction des variables indépendantes, et des racines d'une certaine équation que je continuerai de nommer l'*équation caractéristique*. Ainsi, dans la physique mathématique on n'aura plus à s'occuper de rechercher séparément les intégrales que représentent le mouvement du son, de la chaleur, les vibrations des corps élastiques, etc. La question devra être censée résolue dans tous les cas dès que l'on sera parvenu aux équations différentielles ou aux différences partielles. Seulement les intégrales obtenues seront, dans certains cas, réductibles à des formes plus simples que celles sous lesquelles elles se présentent d'abord. Mais, comme on le verra dans ce Mémoire, et comme je l'ai déjà expliqué en traitant de l'intégration d'une seule équation linéaire, on peut établir, pour cette réduction même, des règles générales. C'est ainsi, par exemple, que l'intégrale définie sextuple, à l'aide de laquelle s'exprime la valeur générale de la variable principale d'une seule équation aux différences partielles, se réduit à une intégrale définie quadruple; dans le cas où cette équation devient homogène, ou même à une intégrale double, quand le premier membre de l'équation caractéristique est décomposable en facteurs du second degré. On peut déjà consulter à ce sujet, dans le *Bulletin des Sciences*, d'avril 1830, l'extrait d'un Mémoire que j'ai présenté sur ce sujet à l'Académie.

» Parmi les conséquences dignes de remarque qui se déduisent de la méthode d'intégration exposée dans ce Mémoire, je citerai la suivante.

» Étant donné un système d'équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants entre les coordonnées, le temps, et plusieurs variables principales avec les valeurs initiales de ces variables principales et de leurs dérivées, on peut réduire la recherche des valeurs générales des variables principales à l'évaluation d'une intégrale définie sextuple relative à six variables auxiliaires, la fonction sous le signe $\int$ étant proportionnelle à une exponentielle dont l'exposant est une fonction linéaire des variables indépendantes et réciproquement proportionnelle au premier membre de l'équation caractéristique.

» En appliquant la méthode développée dans le présent Mémoire aux équations à différences partielles qui représentent le mouvement des ondes, du son, de la chaleur, des corps élastiques,... et généralement les vibrations d'un système de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle, on retrouve les intégrales connues, dont les unes ont été données par M. Poisson, et les autres par moi-

même, soit dans mes anciens Mémoires, soit dans ceux que j'ai présentés récemment à l'Académie. J'ajouterai que la même méthode appliquée aux équations différentielles contenues dans mes derniers Mémoires fournira généralement les intégrales des mouvements infiniment petits de deux ou de plusieurs systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement, dans le cas où l'on regarde comme constants les coefficients renfermés dans ces équations différentielles. »

(La suite au prochain numéro.)

ÉLECTRICITÉ. — *De la brochure du physicien anglais* M. Richard Laming, *intitulée :* Application des axiomes de la mécanique et du calcul géométrique aux phénomènes de l'électricité; *par* M. **Geoffroy-Saint-Hilaire.**

« Ce n'était d'abord qu'un Mémoire manuscrit, écrit en anglais, quand il fut soumis à notre Académie, et rejeté sur un premier aperçu. Venu d'outre-Manche, apporté avec timidité, mais non sans une conviction profonde, et déposé sur notre bureau, il fut, le 10 septembre 1838, renvoyé à des Commissaires, MM. Savart, Savary et Pouillet. M. Pouillet, après en avoir pris connaissance, le réintégra dans les archives de l'Académie, avec l'annotation qu'il n'y serait point fait de rapport : je crois pouvoir dire ici que M. Savart est resté étranger à cette décision. Quoi qu'il en soit, ce ne fut que deux mois après, le 4 décembre, que l'auteur en fut informé : on peut penser qu'il en fut contrarié, mais sans désespoir toutefois. Un autre échec attendait M. Laming, on n'est point prophète dans son pays : la Société royale de Londres n'accueillit pas mieux que notre Académie les nouvelles idées de son compatriote. Mais celui-ci sut se raidir contre ce mauvais vouloir. Il avait une haute et opulente position comme médecin ; il y renonça parce qu'elle ne lui laissait de temps que la nuit pour ses recherches. Il vint, dépouillé de ses ressources ordinaires, prendre pied en France et y consulter de nouveau l'opinion publique : il n'en recueillit qu'un nouveau sujet de désappointement. Toujours tenace, et ne se rebutant point, il traduit enfin son idée dans un fait expérimental, pour la manifestation duquel il mit à profit l'habileté de nos ingénieux opticiens et artistes.

» La machine est construite, fonctionne au gré de l'inventeur devant les Commissaires de l'Académie, moins M. Savart qui n'a pris aucune part aux communications faites à l'Académie, et devant M. Becquerel, non

posé comme juge de ce débat. Elle est figurée dans la brochure, où M. Laming a fait connaître l'idée qui le préoccupe; son but est de peser les inégalités différentielles de poids des deux fluides électriques, le positif et le négatif. Tel est l'objet de la démonstration de M. Laming, y ajoutant toutefois qu'il ne croit pas à une décomposition fondamentale et essentielle de l'électricité, laquelle il juge une seule matière, dont il désigne l'action sous le nom d'*idéo-attraction*. La pensée de M. Laming se résume en ce qu'il n'y a pas deux systèmes à part de forces moléculaires, l'un appelé *attraction*, et l'autre *répulsion*. Je dois faire remarquer ici que c'est là un principe que j'ai plusieurs fois énoncé dans mes ouvrages, savoir, *Études progressives d'un Naturaliste*, *Notions de philosophie naturelle*, *Communication spéciale à l'Académie*, etc. M. John Herschel, dont j'ai eu à citer l'autorité, m'ayant fait l'honneur de me visiter lors de sa courte et récente apparition à Paris, m'a assuré n'avoir écrit sur ce point dans son mémorable discours sur l'étude de la philosophie naturelle (*Notions de Philosophie naturelle*), que les idées communes de l'école, mais non un système réfléchi par son esprit.

» Les Académiciens, témoins de l'expérience de M. Laming, ont paru adhérer à ses preuves comme étant sans réplique; M. Becquerel dit le fait établi d'une manière incontestable; ce sont les allégations écrites du physicien anglais; mais y voulant plus de précision, jai consulté M. Becquerel lui-même, sa déclaration est positive.

» Cependant pour que d'aussi hautes autorités que les Académiciens cités, adhérassent aux conséquences de l'expérience du poids relatif et différentiel des deux électricités, il fallait s'armer du doute; l'on pouvait se retrancher dans l'opinion à prendre, soit des antécédents comme influence, soit des déductions du caractère du fait expérimenté, rester sur ces réflexions et continuer en attendant, l'exploitation de rameaux particuliers de l'électricité : quelle validité offrirait l'induction de la pondérabilité de l'électricité? etc.

» Il est vrai que l'expérience de M. Laming en finit avec la doctrine de Dufay qui, le premier, avait construit la théorie des deux sortes d'électricité, mais qui du moins sera un savant plus glorieux devant la postérité, pour avoir précédé et installé Buffon dans la place d'intendant du Jardin du Roi. Coulomb et Poisson perfectionnèrent le système de Dufay, quand Franklin avait, au contraire, proclamé la pensée d'une seule électricité, suivi en cela par Œpinus et Cavendisch.

» Une expérience faite soigneusement, et vraie, aurait donc le crédit

d'arrêter la science engagée dans une fausse voie. C'est un despotisme dont on ne saurait nier la légitimité que son droit à tout remettre en question et à tout reformer.

» Mais cette expérience était, sortie du milieu des deux Académies les plus célèbres de l'Europe, entièrement méconnue. Heureusement la Providence ne faillit point cependant aux conditions du progrès partout imposé au développement de l'humanité. Un feuilleton d'un journal quotidien, le 7 mai dernier, destiné à répandre dans le public la connaissance des sujets traités dans les conférences de l'Académie des Sciences, est devenu une lumière tombée à l'improviste et qui a remis cette importante question au grand jour.

» Comment fus-je entraîné à prendre confiance dans la justesse des opinions de cet article? Je me contenterai de dire que la lucidité et l'harmonie de leur énoncé avaient fixé ma sympathie.

» Il y était exposé qu'une seule matière d'électricité se manifestait dans la nature; qu'il n'y avait à part ni molécules essentielles d'attraction, ni molécules distinctes de répulsion. En un mot, l'auteur anglais n'y voyait que des parties d'essence unitaire, qu'il nommait *attraction propre* ou *idéo-attraction*.

» Ainsi, je venais de retrouver chez le savant anglais, mes anciens principes de physique, conçus au temps du bombardement d'Alexandrie; alors que distrait des maux de la guerre et ravi, par ma pensée, jusqu'à l'extase, je m'étais rendu attentif aux allures des deux remarquables espèces de poissons électriques vivantes, en ce moment-là, sous mes yeux. Je puis dire que dès cet instant toute l'histoire de la monstruosité, reposant sur des faits d'électricité, me fut soudainement révélée. Je n'avais plus qu'à aller promener mes regards sur les faits de détail pour comprendre nettement la valeur de leur caractère spécial.

» Il est certain enfin que j'en avais présenté toute la philosophie bien déduite quand, en 1826, je terminai mon long article MONSTRE du *Dictionnaire classique d'Histoire naturelle*.

» Ce que j'avais ressenti de puissance synthétique, j'y fus amené par la lecture de la brochure de M. Laming : il était donc tout simple que je ne pusse éviter un mouvement profond de sympathie pour l'analogie de ses idées avec les miennes.

» Aussi, s'il ne m'arriva pas de réclamer des deux grandes corporations académiques de l'Europe de vouloir bien revenir sur leur décision, c'est que c'était une chose jugée et qu'il fallait bien admettre. Mais du moins

j'ose invoquer les personnes qui n'ont point encore pris parti dans ces débats, de rester dans une philosophique circonspection touchant l'expérience de M. Laming, maintenant surtout qu'elle commence à jouir de quelque estime et surtout de la haute recommandation de M. Becquerel.

» Car, outre le respect que l'on doit à la teneur des faits dans leur condition comme observation, il est essentiel de faire remarquer qu'aujourd'hui cette théorie nouvelle se formule par l'action simultanée de deux tendances différentes, celle purement physique, suivie par le physicien anglais, et la tendance qui se déduit des considérations de l'animalité, suivie par moi. En résumé, nous allons, M. Laming et moi, vers la coïncidence des mêmes résultats; c'est ce qui résulte à la fois de mon Mémoire de 1835, *Loi universelle*, et aussi du morceau d'ensemble (*Notions de philosophie naturelle*) d'une part; et d'autre part, de la longue et profonde dissertation que vient de publier cette année l'illustre physicien anglais. »

ANATOMIE GÉNÉRALE — *Recherches anatomiques sur la structure des membranes muqueuses gastrique et intestinale; par* M. **Flourens**.

« J'ai fait voir, dans un précédent Mémoire, que la membrane muqueuse des lèvres, de la bouche et de l'œsophage se compose de trois membranes distinctes, le derme, le corps muqueux et l'épiderme.

» Avant moi, on n'avait guère étudié le corps muqueux que sur la langue; je l'ai suivi sur les lèvres, sur les joues, dans l'œsophage. On supposait d'ailleurs, d'après Malpighi, que le corps muqueux de la langue était disposé en réseau; et j'ai montré qu'il forme, au contraire, une membrane continue (1).

» Quant à l'épiderme, on l'a signalé de bonne heure sur les lèvres, dans la cavité buccale, dans l'œsophage; et même quelques anatomistes sont allés plus loin : ils ont cru le reconnaître jusque dans l'estomac et dans les intestins. Mais cette dernière opinion de l'existence d'un épiderme dans l'estomac et dans les intestins n'a jamais été admise sans contradiction.

» Ainsi, dès la fin du 17e siècle, Glisson soutenait déjà que l'épiderme manquait dans les intestins, et qu'il y était remplacé par le mucus qui les lubrifie (2). Plus de cent ans après Glisson, Bichat niait de nouveau,

(1) Voyez *Compte rendu*, années 1837—38.

(2) Mucus interiorem tunicam sua mucilaginea crusta oblinit, et eamdem, velut cuticulæ

et d'une manière presque aussi absolue que Glisson, l'épiderme de l'estomac et des intestins. « Dans l'estomac, dit-il, et dans les intestins, l'ins- » trument le plus délicat ne peut soulever l'épiderme; jamais dans la ma- » cération et dans l'ébullition de ces parties, je n'ai vu l'épiderme se » soulever à leur surface; j'ai extrait du ventre d'un chien une portion » d'intestin, et j'ai appliqué dessus un épispastique; aucune pellicule ne » s'est soulevée. »..... « D'après ces considérations, continue-t-il, il » paraît que l'épiderme n'existe pas sur ces membranes muqueuses. ».... » Du moins ne pourra-t-il y être admis qu'après un examen nouveau qui, » je crois, prouvera plutôt contre que pour son existence (1). »

» Béclard partage l'opinion de Bichat. « Cette question, dit-il (celle de » l'existence de l'épiderme sur les membranes muqueuses de l'estomac » et des intestins) ne peut guère être résolue autrement qu'elle ne l'a été » par Bichat, qui, ajoute-t-il, penche beaucoup vers la négative (2). »

» Enfin, Meckel, qui, comme Béclard, semble s'être imposé la tâche de soumettre à une nouvelle étude presque tous les grands travaux de Bichat, s'exprime, sur la question qui nous occupe, en termes plus formels encore que Bichat lui-même. « Les épispastiques, dit-il, pendant la vie, » et la macération après la mort, sont impuissants pour démontrer » l'existence d'un épiderme sur la tunique villeuse de l'estomac et des » intestins. »..... « Il est donc fort douteux que cet épiderme existe, et » que, comme le pensent Haller et Bichat, son existence soit attestée » par la sortie de membranes ayant la forme des canaux d'où elles » s'échappent, puisque la formation de ces membranes peut très bien » s'expliquer autrement (3). »

» Ainsi, Glisson, Bichat, Béclard, Meckel, nient l'épiderme de l'estomac et des intestins; mais, d'un autre côté, plusieurs anatomistes non moins célèbres l'admettent : Ruysch, Lieberkuhn, Haller, etc.

---

vicarius, à cruentatione tuetur. Etenim interior superficies hujus tunicæ caret cuticula..., et muco illo, loco cuticulæ, tegitur. GLISSON, *De ventriculo et intestinis.*

(1) Bichat, *Anat. génér.*, T. IV, p. 471.

(2) Béclard. *Notes sur Bichat.*

(3) Comme la formation de toute fausse membrane : par l'effet de l'inflammation. Meckel, *Manuel d'Anat.*, T. I, p. 499. Les membranes rendues dans les phlegmasies des intestins ne sont aussi, aux yeux de Béclard, que de simples produits de l'inflammation : « L'analogie, dit-il, doit les faire regarder comme des pseudo-membranes. » (*Notes sur Bichat.*) On ne pourra plus douter, quand on aura lu ce qui suit, que *les membranes rendues dans les phlegmasies des intestins* ne soient le véritable épiderme de ces membranes.

» Ruysch l'admet, et le nomme *epithélium.* Il n'est pourtant pas sûr qu'il l'ait réellement séparé de la tunique villeuse des intestins, car il se borne à dire *qu'on voit les villosités de cette tunique sans avoir besoin d'ôter l'épithélium* (1).

» Lieberkuhn est, à ce que je crois, le premier qui ait nettement vu l'épiderme des intestins; et peut-être même le seul de ces anciens anatomistes qui l'ait bien vu. Il dit qu'une membrane semblable à l'épiderme recouvre les villosités des intestins; et, ce qui est plus précis encore, il dit que cette membrane se continue avec l'épiderme de l'estomac, de l'œsophage et de la bouche (2).

» Pour Haller, il admet, comme Lieberkuhn, l'épiderme de l'estomac et des intestins; mais, ce qui ôte beaucoup de poids à son assertion, c'est qu'il semble confondre partout le véritable épiderme avec la tunique villeuse de ces parties (3).

» Depuis Haller, plusieurs anatomistes habiles, nommément M. Dœllinger, ont vu l'épiderme de l'estomac et des intestins; et même M. Dœllinger a fait, à cette occasion, la remarque très juste que les villosités de l'intestin sont enveloppées par cet épiderme comme les doigts de la main le sont par les doigts d'un gant (4).

» De tous les anatomistes que je viens de citer, Lieberkuhn est donc le premier qui ait bien connu l'épiderme des muqueuses gastrique et intes-

---

(1) In prolabiis papillæ haud in conspectum veniunt, nisi epithelia prius sit ablata; in intestinis vero, instar villorum serici villosi surrectorum visui apparent, sine integumenti aut epitheliæ ablatione. (Ruysch, *Thesaur.* VII, n° 40.)

(2) Si pars intestini, elota prius et aperta, immittatur in aquam, et sat diu intra hanc relinquatur vase clauso, membrana illa (epidermidi similis) secedit, et non adeo facile putrescit, ac reliquum intestinum. Est quoque hæc membrana epidermidi continuata : nam...... similis membrana cum hac cohærens, de interiore oris, œsophagi, ventriculi et intestinorum superficie secedit..... (Lieberkuhn, *De fabrica et actione villorum intestinorum tenuium.*)

(3) Epidermis per os, et gulam, in ventriculum producta, demum in intestinum propagatur, estque ejus tunica intima...... Etsi nunc villosa, mollior, obque villos alia prædita habitu, parum videtur de epidermidis habere natura, multas tamen et præcipuas ejus notas retinet. Ut enim amissa epidermis restituitur; ita plurima sunt exempla hominum, quibus late de ano membrana villosa decessit, qui iidem tamen sensim convaluerunt. (Haller, *Elem. physiolog.*, t. VII, p. 22.)

(4) Obducit villos tenuis epidermis vaginulas formans, quibus insunt sicuti digiti manicæ. (Doellinger, *De vasis sanguiferis quæ villis intestinorum tenuium hominis brutorumque insunt.*)

tinale. Il est, de plus, le premier qui, pour détacher cet épiderme de la tunique villeuse, ait procédé d'une manière régulière, c'est-à-dire à l'aide d'une macération bien conduite.

» C'est aussi à l'aide d'une macération bien conduite, et conduite même avec des précautions que n'y avait pas apportées Lieberkuhn (1), que j'ai réussi à détacher l'épiderme de l'estomac et des intestins; et à le détacher, non par fragments, par lambeaux, non par une sorte de bonne fortune et comme au hasard, mais par larges plaques, mais par lames entières et continues, mais d'une manière sûre et constante.

» J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie, deux portions d'intestin grêle qui présentent, dans toute leur étendue, l'épiderme de la tunique villeuse, partout distinct et détaché de cette tunique.

» Cet épiderme forme une membrane continue, fine, transparente. La face externe est toute hérissée de petites saillies; l'interne offre une foule de petits enfoncements. Ces saillies externes, ces enfoncements internes marquent les points de l'épiderme qui répondent aux papilles du derme, et qui servent de gaînes à ces papilles.

» Mais, ce n'est pas seulement un épiderme, membrane propre et continue, qui se voit sur les deux pièces que je mets sous les yeux de l'Académie. On y voit aussi, et particulièrement sur la pièce numéro 3, un véritable corps muqueux, interposé entre les papilles du derme et l'épiderme, un peu plus épais que l'épiderme, et formant la première gaîne des papilles du derme, dont l'épiderme ne forme que la seconde.

» A l'épaisseur près, la lame du corps muqueux répète exactement la lame de l'épiderme : toute hérissée, comme elle, de petites saillies à la face externe; et toute parsemée de petits enfoncements à la face interne.

» Il faut pourtant ajouter que lorsque les gaînes de ce corps muqueux restent attachées aux papilles du derme, ce corps forme un véritable réseau; mais un réseau factice, un réseau qui, comme le fameux *réseau de Malpighi* ou du corps muqueux de la langue, ne dépend que de l'adhérence artificielle des gaînes du corps muqueux aux papilles du derme.

» J'ai retrouvé cette même structure d'une membrane muqueuse composée de trois membranes superposées, le derme, le corps muqueux et

---

(1) La première de ces précautions est de purger entièrement, et par des moyens qu'une longue expérience a pu seule me donner, la membrane muqueuse de tout mucus. Mais je ferai connaître plus tard, dans tous ses détails, la méthode nouvelle de macération que j'emploie dans ces travaux.

l'épiderme, sur l'estomac; et je l'y ai retrouvée malgré la finesse extrême de la membrane muqueuse de cet organe.

» On peut dire que les papilles, et particulièrement les papilles, d'ailleurs si remarquables, de l'intestin grêle, ne paraissent dans toute leur richesse et dans toute leur admirable régularité que lorsqu'elles sont, comme on les voit ici sur la pièce n° 1 que je présente à l'Académie; dépouillées et du corps muqueux et de l'épiderme qui, dans l'état ordinaire, les masquent et les recouvrent.

» On peut dire, de plus, que ce n'est qu'alors qu'on s'assure bien de toute la généralité de ce fait déjà établi dans mes précédents Mémoires, savoir, que les villosités ou papilles ne sont partout que des productions du derme, qu'elles tiennent partout à ce derme, et que le corps muqueux et l'épiderme ne font jamais que leur servir de gaînes ou d'enveloppes.

» Un second fait non moins important, et qui tire également une nouvelle force de ces nouvelles recherches, c'est que le caractère général des membranes muqueuses, même des membranes muqueuses les plus profondes, est d'offrir un derme recouvert d'un corps muqueux et d'un épiderme, comme le caractère général de la peau est d'offrir un derme recouvert de deux épidermes.

» Il est aisé de voir enfin que la structure mieux connue de l'estomac et des intestins donne un secours nouveau à l'étude physiologique de ces organes. Il a toujours répugné à la physiologie, et cela malgré l'autorité des plus grands observateurs, des Glisson, des Bichat, des Béclard, des Meckel, d'admettre que cette surface interne, cette surface papillaire de l'estomac et des intestins, siége des fonctions les plus délicates et les plus actives de l'économie, et sur laquelle s'exerce l'action des substances les plus irritantes et les plus énergiques, fût une surface nue, et dépouillée de tout autre moyen de protection que le simple mucus, plus ou moins abondant, et, pour ainsi dire, éventuel, qui la lubrifie.

» Or, comme on vient de voir, la surface interne et papillaire de l'estomac et des intestins n'est point, en effet, une surface nue. Elle est recouverte de deux membranes continues et superposées; par où elle rentre dans la loi générale et de la peau et des membranes muqueuses déjà étudiées dans mes précédents Mémoires : c'est-à-dire qu'étant soumise, comme cette peau et comme ces membranes, à l'action incessante des corps extérieurs, elle est recouverte, comme elles, de deux lames superposées et protectrices. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Procédé photogénique de* M. DAGUERRE.

M. ARAGO a pris la parole à peu près en ces termes :

« Au moment où, suivant toute apparence, l'administration publique va s'occuper de la découverte de M. *Daguerre*, l'Académie ne pourra manquer d'accueillir avec intérêt quelques nouveaux renseignements que je suis en mesure de lui communiquer :

» J'ai profité du séjour à Paris de plusieurs savants anglais, pour leur faire voir divers tableaux que M. Daguerre a exécutés d'après ses procédés photogéniques.

» Ces savants, au nombre desquels je citerai MM. Herschel, Forbes, Robison, général Brisbane, Watt, Murchison, Pentland, ont déclaré que les produits de la découverte de M. Daguerre dépassaient toutes leurs prévisions.

» M. Herschel, en particulier, lui qui, de l'autre côté du détroit, s'est occupé avec succès du perfectionnement des procédés recommandés par M. Talbot, s'est exprimé, sur les travaux de notre compatriote, dans les termes d'une admiration sincère. A mesure que les tableaux de M. Daguerre venaient se placer sur le chevalet, les mots : *C'est un miracle!* sortaient de la bouche de l'illustre astronome. »

M. CAUCHY, qui a vu aussi M. Herschel à son passage à Paris, confirme le récit de M. Arago. Il ajoute : « M. Herschel m'a déclaré que les essais faits en Angleterre sont des jeux d'enfant en comparaison des moyens de M. Daguerre. M. Talbot lui-même sera bientôt de mon avis, car je vais lui écrire de venir voir ces merveilles.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Nouvelles observations sur la propagation de la chaleur par les liquides; par* M. C. DESPRETZ. (Extrait.)

(Les Commissaires déjà nommés.)

« Dans le mois de novembre dernier (*Compte rendu*, 1838, p. 933), l'auteur a lu un Mémoire sur la propagation de la chaleur dans l'intérieur des liquides. Les expériences dont il présenta les résultats à cette époque, avaient pour objet de montrer que la propagation de la chaleur dans une colonne liquide, chauffée par la partie supérieure, suit la loi à laquelle elle est soumise dans les barres métalliques.

» Plusieurs savants, dit-il aujourd'hui, craignaient qu'on ne pût attri-

buer à l'influence de la paroi la majeure partie de l'effet observé. J'ai pensé que le moyen le plus propre à décider la question était de faire de nouvelles expériences.

» Le cylindre employé dans les anciennes expériences avait un mètre de hauteur, et deux cent dix-huit millimètres de diamètre. L'épaisseur de la paroi était de vingt-huit millimètres; le cylindre dont je me suis servi dans les nouvelles expériences avait un diamètre à peu près double ($405^{mill.}$); la paroi avait la même hauteur et la même épaisseur.

» La disposition de l'appareil était la même. Seulement j'avais placé un certain nombre de thermomètres à une petite distance de la paroi ($0^m,05$ comptée du centre des réservoirs); d'autres thermomètres occupaient l'axe du cylindre. Ces différents instruments étaient placés horizontalement.

» J'avais de plus fixé dans la paroi trois thermomètres. A cet effet, j'avais percé trois ouvertures obliques, de manière à traverser le milieu de l'épaisseur; les réservoirs étaient complétement cachés, et, pour éviter l'action de l'air extérieur, j'avais bouché avec un peu de cire le petit intervalle entre la tige de chaque thermomètre et les bords de l'ouverture correspondante.

» On chauffait le liquide au moyen d'un vase en cuivre mince, dont le fond touchait la surface supérieure du liquide, et dans lequel arrivait un courant d'eau chaude, de cinq minutes en cinq minutes. La hauteur du vase était de $0^m,118$. Le diamètre de ce vase était un peu moindre que celui du cylindre en bois. Il y avait entre la paroi de ce cylindre et le vase, un intervalle d'environ trois millimètres.

» La durée d'une expérience était de soixante heures. Il fallait cinquante-cinq heures environ pour obtenir l'état final, c'est-à-dire l'état où chaque couche du cylindre liquide cède à l'air et à la couche inférieure consécutive, toute la chaleur qu'elle reçoit de la couche supérieure.

» Le relevé des thermomètres dans l'état final montre que, dans un même plan horizontal, la température de l'axe du cylindre d'eau est plus élevée que celle de la circonférence, d'une fraction notable de degré; que cette dernière température est supérieure à la température de la paroi de un ou de plusieurs degrés, selon la distance des thermomètres à la source. La différence est d'autant plus grande que la distance à la source est plus petite. On ne peut donc pas considérer la paroi comme portant la chaleur de la source au liquide, puisque dans toute l'étendue du cylindre elle est plus froide que le liquide qu'elle touche, et que ce dernier est plus chaud au centre qu'à la circonférence.

» La série géométrique a été, comme dans les anciennes expériences, fournie par les thermomètres qui occupaient l'axe du cylindre.

» Ainsi, il nous paraît établi que les liquides chauffés à la partie supérieure, c'est-à-dire de manière à éviter l'action des courants, propagent la chaleur suivant la loi trouvée dans les corps solides (1). »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ASTRONOMIE. — M. DE GRANDPRÉ, capitaine de vaisseau, adresse une Note sur la grande période des Chaldéens et sur la concordance qui lui paraît exister entre cette période et l'un des mouvements de l'écliptique.

ÉLECTRO-CHIMIE. — M. MATTEUCCI communique l'extrait d'un Mémoire qu'il doit publier incessamment. Dans la première partie de ce travail on remarque les résultats suivants :

« Lorsqu'un courant traverse un liquide composé de deux autres liquides décomposables, simplement mêlés, la somme des deux quantités décomposées est équivalente chimiquement à la quantité qu'une autre combinaison aurait donnée directement par le même courant dans le même temps; ainsi si un courant traverse en même temps de l'eau, puis un mélange d'acide hydro-chlorique et d'un chlorure, la somme de l'acide et du chlorure décomposé est équivalente à celle de l'eau, décomposée séparément.

» Les composés binaires du premier ordre, c'est-à-dire les oxides, les chlorides, les iodides, etc., se laissent décomposer de la même manière que lorsqu'ils sont passés à l'état de combinaisons binaires du deuxième ordre; c'est ainsi qu'on obtient la même quantité de métal au pôle négatif, soit qu'on décompose l'oxide de plomb, le chlorure, ou l'iodure du même métal, soit qu'on décompose l'acétate de plomb fondu, le borate de plomb; il en est de même du chlorure et du nitrate d'argent; les quantités décomposées sont, relativement aux métaux obtenus, équivalentes à l'eau décomposée dans le même temps. »

M. Matteucci examine ensuite les rapports qu'il y a entre la *quantité*

---

(1) Il s'est glissé une erreur dans le *Compte rendu*, 2e sem. 1838, p. 934; *au lieu de* 22,04, *lisez* 24,04.

du courant et les équivalents chimiques des substances décomposées. Voici les conclusions qu'il tire de cette partie de son travail :

« 1°. La loi de l'action chimique définie du courant voltaïque, ne se vérifie que dans les combinaisons formées d'un équivalent d'une substance avec l'équivalent d'un autre substance;

» 2°. Si l'une des substances a plusieurs équivalents, on trouve toujours que la quantité de substance est moindre que celle des équivalents simples;

» 3°. Cette diminution dans la quantité de substance décomposée croît beaucoup plus vite que le nombre des équivalents; lorsque les équivalents sont un et deux, la quantité décomposée est réduite à moitié. Si ces équivalents sont un et trois, cette quantité est réduite au sixième; cette diminution subsiste quel que soit l'équivalent multiplié.

» 4°. Cette déperdition a lieu également dans les combinaisons binaires du premier ordre, mais dans une proportion moindre

» 5°. On peut conclure de ces expériences qu'une combinaison d'un équivalent avec quatre autres ne doit pas se laisser sensiblement décomposer. »

CORRESPONDANCE.

PALÉONTOLOGIE. — M. **Lartet**, dans une lettre adressée à M. Flourens, annonce un nouvel envoi d'ossements fossiles au Muséum d'histoire naturelle.

« La majeure partie de ces débris, dit-il, se rapporte, comme cela arrive le plus ordinairement, à de grands mammifères. Cependant on y remarque des morceaux bien reconnaissables de quatre insectivores.

» Ce sont d'abord deux taupes; l'une déjà sensiblement plus petite que l'espèce que nous possédons ici à l'état vivant; la seconde réduite à des proportions plus petites, au moins de moitié.

» Vient ensuite un autre petit insectivore très voisin des *Musaraignes*, si même ce n'est une espèce du genre.

» Vient enfin un *desman* de même taille que celui que l'on trouve vivant aux abords de nos montagnes pyrénéennes. Si cette opinion de M. Lartet se vérifie, ce serait, comme il le dit lui-même, le premier exemple de la rencontre parmi les mammifères de nos couches tertiaires, d'une espèce existant encore aujourd'hui dans ces mêmes contrées. »

BOTANIQUE. — M. **Morren**, directeur du Jardin botanique de Liége,

adresse de nouveaux détails sur les moyens qu'il a employés pour amener le vanillier à fleurir.

» Ces moyens, dit-il, continuent à me donner un grand succès dans la culture de cette intéressante espèce. Un des pieds, cultivés dans la serre chaude de l'Université de Liége, présente près de vingt bouquets (épis) de quinze fleurs chacun; ce qui fait environ trois cents fleurs qui toutes amèneront leur fruit à maturité, par la fécondation artificielle. L'autre pied a près de quatre-vingts fleurs en ce moment. La première fleur s'est ouverte le 14 mars : et si je vérifie sur cette quatrième année de récolte ce que j'ai remarqué les années précédentes, il faudra précisément douze mois pour atteindre la maturation du premier fruit. C'est une des plus longues gestations connues chez les végétaux.

» Dans ma communication précédente à l'Académie, j'ai dit que je mettais tout en usage pour gêner la marche descendante de la sève modifiée; parmi les moyens employés cette année figure l'acuponcture. Nous piquons à différentes reprises la tige du vanillier, nous la transperçons d'outre en outre. Ce procédé paraît être fort actif, car les jeunes vanilliers de deux ans paraissent se disposer à fleurir également.

» Un de nos vanilliers a maintenant le dessous de sa tige entièrement mort; il ne se nourrit donc que par cinq ou six racines aériennes descendant dans le sol, et par ses nombreuses vrilles radicales plongées dans l'air.

» La fécondation artificielle n'est pas nécessaire dans toutes les espèces du genre. J'ai vu en août dernier, à Londres, un *vanilla bicolor* de M. Lindley, qui avait des fruits sans que le secours de l'homme lui eût été nécessaire. »

ANATOMIE. — *Note sur les muscles placés entre les lames des branchies des poissons; par* M. **Bazin**.

(Commissaires, MM. Breschet, Milne Edwards.)

M. **Leroy** prie l'Académie de nommer une Commission pour examiner un système de chauffage de son invention.

(Commissaires, MM. Gay-Lussac, Darcet, Berthier.)

M. **Séguin** prie également l'Académie de vouloir bien nommer une Commission pour assister à des expériences sur l'éclairage par la distillation des matières animales.

(Commissaires, MM. Arago, D'Arcet, Dumas, Becquerel.)

M. **Adolphe Notivelle** adresse un Mémoire cacheté.

M. **Léon Hélot** adresse un paquet cacheté ayant pour suscription : *Machine électro-magnétique*.

Ces deux dépôts sont acceptés.

COMITÉ SECRET.

A quatre heures l'Académie se forme en comité secret.

La section d'Astronomie présente dans l'ordre suivant les candidats pour la place vacante par la mort de M. Lefrançais de Lalande :

1°. M. Liouville,

2°. M. G. de Pontécoulant,

3°. M. Francœur.

Les titres de ces divers candidats sont discutés; l'élection aura lieu dans la prochaine séance. MM. les membres en seront prévenus par billets à domicile.

La séance est levée à cinq heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 1er semestre 1839, n° 20, in-4°.

De l'Électricité dans ses rapports avec la lumière, la chaleur et la constitution des corps; par M. Nougarède de Fayet; Paris, 1839, in-8°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; par M. A. Demidoff; 8e liv. in-8°.

Quelques considérations sur l'amélioration des animaux domestiques; par M. Favre; Lyon, in-8°.

Notice sur F. Gensoul; par M. Henon. (Extrait du *Propagateur de l'industrie des soies.*) Lyon, in-8°.

Quelques études sur la Vaccine; par M. Dourlen; Lille, in-8°.

Mémoires, Notices et Mélanges. — Philosophie de la nature; par M. Jacquemin; in-8°.

Congrès des Économistes et des Cultivateurs d'Allemagne, tenu à Carlsruhe du 10 *au* 16 *septembre* 1838*;* traduction par M. Jacquemin.

Annales de la Société d'Horticulture de Paris; tome 24, avril 1839, in-8°.

Archives historiques et littéraires du nord de la France et du midi de la Belgique; par MM. Aimé Leroy et Arthur Dinaux; nouvelle série, tome 2, 2e liv.; Valenciennes, in-8°.

Proposition de déporter désormais hors de la France continentale tous les forçats libérés et quelques repris de justice, faite aux Chambres législatives; par M. Castéra; in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; mai 1839, in-8°.

Mémoire sur la formation de l'Indigo dans les feuilles du Polygonum tinctorium, *ou renouée tinctoriale; par* M. Ch. Morren; Bruxelles, in-4°.

Nouvelles remarques sur la Morphologie des Ascidies; par le même; in-8°.

Notice sur l'Histologie de l'Agaricus epixylon; par le même; in-8°.

Observations anatomiques sur la congélation des organes des végétaux; par le même; in-8°.

Notice sur une nouvelle espèce de Malaxis; par le même; in-8°.

Observations sur l'anatomie des Hedychium; par le même.

Morphologie des Ascidies; par le même; in-8°.

Mémoires pour servir aux éloges biographiques des savants de la Belgique; par le même; in-12.

Flora Batava; 117e liv., in-4°.

Observationes astronomicæ in specula Universitatis litterariæ Fennicæ factæ; tomes 1, 2, 3, années 1824—1828, in-fol.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; 6e année, mai 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 21, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 60—62, in-fol.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 99, in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; avril 1839, in-8.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUIN 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur l'intégration des équations linéaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ I[er]. *Intégration d'un système d'équations différentielles du premier ordre, linéaires et à coefficients constants.*

« Considérons n équations différentielles du premier ordre linéaires et à coefficients constants, entre n variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta, \ldots$$

considérées comme fonctions d'une seule variable indépendante t qui pourra désigner le temps. Supposons ces équations présentées sous une forme telle qu'elles fournissent respectivement les valeurs de

$$\frac{d\xi}{dt},\ \frac{d\eta}{dt},\ \frac{d\zeta}{dt}, \ldots;$$

de sorte qu'en faisant passer tous les termes dans les premiers membres, on les réduise à

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{d\xi}{dt} + \mathcal{L}\xi + \mathfrak{M}\eta + \ldots = 0, \\ \dfrac{d\eta}{dt} + \mathcal{P}\xi + \mathcal{Q}\eta + \ldots = 0, \\ \text{etc.,} \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même, à

$$(2)\quad \begin{cases} (D_t + \mathcal{L})\xi + \mathcal{M}\eta + \ldots = 0, \\ \mathcal{P}\xi + (D_t + \mathcal{Q})\eta + \ldots = 0, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

$\mathcal{L}$, $\mathcal{M}$,... $\mathcal{P}$, $\mathcal{Q}$,... étant des coefficients constants. On vérifiera évidemment les équations (1) ou (2) si l'on prend

$$(3)\qquad \xi = \mathrm{A}e^{st}, \quad \eta = \mathrm{B}e^{st}, \ldots$$

s, A, B,... désignant des constantes réelles ou imaginaires, choisies de manière à vérifier les formules

$$(4)\quad \begin{cases} (s + \mathcal{L})\mathrm{A} + \mathcal{M}\mathrm{B} + \ldots = 0, \\ \mathcal{P}\mathrm{A} + (s + \mathcal{Q})\mathrm{B} + \ldots = 0, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

qu'on obtient en remplaçant, dans les équations (2), D_t par s, et

$$\xi, \eta, \ldots \text{ par } \mathrm{A}, \mathrm{B} \ldots$$

D'ailleurs comme l'élimination des facteurs A, B, C,... entre les formules (4), fournira une *équation caractéristique*

$$(5)\qquad S = 0$$

qui sera du degré n par rapport à s, la valeur de S étant

$$(6)\qquad S = (s + \mathcal{L})(s + \mathcal{Q})\ldots - \mathcal{M}\mathcal{P}\ldots\ldots + \text{etc.},$$

on pourra, dans les formules (3), prendre pour s une quelconque des n racines de l'équation (5). Il y a plus : comme, étant donnés, pour les variables principales, deux ou plusieurs systèmes de valeurs propres à vérifier les équations (1), on obtiendra de nouvelles intégrales de ces mêmes équations en ajoutant l'une à l'autre les diverses valeurs de chaque variable principale, il est clair qu'on vérifiera encore les équations (1) en posant

$$(7)\qquad \xi = \mathcal{E}\frac{\mathrm{A}e^{st}}{((S))}, \quad \eta = \mathcal{E}\frac{\mathrm{B}e^{st}}{((S))}, \text{ etc.}, \ldots$$

pourvu que, le signe $\mathcal{E}$ du calcul des résidus étant relatif aux diverses racines de l'équation caractéristique, on prenne pour

A, B, C, ...

des fonctions entières de s, propres à vérifier les formules (4). Or, on obtiendra de telles valeurs, en substituant aux équations (4) les sui-

vantes

$$(8)\qquad \left\{\begin{array}{l} (s+\mathcal{L})\mathrm{A}+\mathcal{M}\mathrm{B}+\ldots=\alpha s,\\ \mathcal{P}\mathrm{A}+(s+\mathcal{Q})\mathrm{B}+\ldots=\beta s,\\ \text{etc.},\end{array}\right.$$

qui s'accordent avec elles, quand on prend pour s une racine de l'équation caractéristique, quelles que soient d'ailleurs les valeurs attribuées aux nouvelles constantes

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma\ldots$$

Soient en conséquence

$$(9)\qquad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{A}=\mathfrak{L}\alpha+\mathfrak{M}\beta+\ldots,\\ \mathrm{B}=\mathfrak{P}\alpha+\mathfrak{Q}\beta+\ldots,\\ \text{etc.}\end{array}\right.$$

les valeurs de A, B, C,... tirées des formules (8), ou, ce qui revient au même, les numérateurs des fractions qui représentent les valeurs de A, B, C,... déterminées par les formules

$$(10)\qquad \left\{\begin{array}{l} (s+\mathcal{L})\mathrm{A}+\mathcal{M}\mathrm{B}+\ldots=\alpha,\\ \mathcal{P}\mathrm{A}+(s+\mathcal{Q})\mathrm{B}+\ldots=\beta,\\ \text{etc.},\end{array}\right.$$

et qui offrent $\mathfrak{s}$ pour commun dénominateur. On vérifiera les équations (1) en prenant

$$(11)\quad \xi=\mathcal{E}\,\frac{(\mathfrak{L}\alpha+\mathfrak{M}\beta+\ldots)e^{st}}{((\mathfrak{s}))},\quad \eta=\mathcal{E}\,\frac{(\mathfrak{P}\alpha+\mathfrak{Q}\beta+\ldots)e^{st}}{((\mathfrak{s}))},\ \text{etc.}\ldots$$

» On remarquera maintenant que, dans les formules (9), les facteurs

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ldots\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ldots.$$

considérés comme fonctions de s sont tous du degré $n-2$, à l'exception de ceux qui servent de coefficients, dans la valeur de A à α, dans la valeur de B à β,... c'est-à-dire à l'exception des coefficients

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{Q},\ldots$$

qui seront du degré $n-1$, et qui, étant développés suivant les puissances descendantes de s, donneront chacun pour premier terme

$$s^{n-1}.$$

D'ailleurs le développement de $\mathfrak{s}$ offrira pour premier terme s^n; et l'on aura, en vertu des principes du calcul des résidus, 1° en prenant pour m un

nombre entier inférieur à $n-1$,

(12) $$\mathcal{E}\frac{s^m}{((s))}=0;$$

2° en prenant $m=n-1$,

(13) $$\mathcal{E}\frac{s^{n-1}}{((s))}=1.$$

Cela posé, on aura évidemment

(14) $$\left\{\begin{array}{l}\mathcal{E}\frac{\mathfrak{L}}{((s))}=1,\ \mathcal{E}\frac{\mathfrak{M}}{((s))}=0,\text{etc.},\ldots\\ \mathcal{E}\frac{\mathfrak{P}}{((s))}=0,\ \mathcal{E}\frac{\mathfrak{Q}}{((s))}=1,\text{etc.}\ldots\end{array}\right.$$

Donc les formules (7) donneront, pour $t=0$,

(15) $$\xi=\alpha,\quad \eta=\beta,\ \text{etc.}\ldots;$$

et réciproquement, si l'on veut que les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

soient assujéties à la double condition de vérifier, quel que soit t, les équations (1), et de vérifier, pour $t=0$, les formules (15), il suffira de prendre pour ces variables les valeurs que fournissent les formules (11).

» Il est bon d'observer que si l'on désigne par

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ldots\quad \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ldots$$

les fonctions de la caractéristique D_t, dans lesquelles se transforment les facteurs

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ldots\quad \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ldots$$

quand on y remplace s par cette caractéristique, les formules (11) pourront s'écrire comme il suit

(16) $$\xi=(\alpha\mathrm{L}+\beta\mathrm{M}+\ldots)\,\mathcal{E}\frac{e^{st}}{((s))},\ \eta=(\alpha\mathrm{P}+\beta\mathrm{Q}+\ldots)\,\mathcal{E}\frac{e^{st}}{((s))},\ \text{etc.}\ldots$$

Donc, si l'on pose, pour abréger,

(17) $$\Theta=\mathcal{E}\frac{e^{st}}{((s))},$$

on aura simplement

(18) $$\xi=(\alpha\mathrm{L}+\beta\mathrm{M}+\ldots)\,\Theta,\quad \eta=(\alpha\mathrm{P}+\beta\mathrm{Q}+\ldots)\,\Theta,\ \text{etc.}\ldots$$

« Si l'on représente par

$$\nabla$$

ce que devient S, quand on y remplace la lettre s par la caractéristique

D_t, la fonction Θ déterminée par la formule (17) ne sera évidemment autre chose qu'une nouvelle variable principale assujétie, 1° à vérifier, quel que soit t, l'équation différentielle de l'ordre n,

(19) $$\nabla\Theta = 0;$$

2° à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

(20) $$\Theta = 0, \frac{d\Theta}{dt} = 0, \ldots \frac{d^{n-2}\Theta}{dt^{n-2}} = 0, \quad \frac{d^{n-1}\Theta}{dt^{n-1}} = 1.$$

Cette fonction est ce que nous appellerons la *fonction principale*. Quant aux valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta,$$

déterminées par les formules (18), elles ne différeront pas de celles que l'on déduirait par élimination des équations différentielles

(21) $$\begin{cases} (D_t + L)\,\xi + M\eta + \ldots = \alpha\nabla\Theta, \\ P\xi + (D_t + Q)\,\eta + \ldots = \mathcal{C}\nabla\Theta, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

en opérant comme si D_t et ∇ étaient de véritables quantités. D'ailleurs, pour obtenir les formules (21), il suffira d'égaler le premier membre de chacune des équations différentielles données, non plus à zéro, mais au produit de $\nabla\Theta$ par ce que devient ce premier membre, quand on remplace les variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

par zéro, et leurs dérivées par les valeurs initiales

$$\alpha, \mathcal{C}, \gamma, \ldots$$

de ces variables principales; en d'autres termes, il suffira de remplacer, dans les équations différentielles données, les dérivées

$$D_t\xi, \quad D_t\eta, \ldots$$

par les différences

$$D_t\xi - \alpha\nabla\Theta, \quad D_t\eta - \mathcal{C}\nabla\Theta, \ldots \text{ etc.}$$

Enfin, il est aisé de s'assurer que, pour passer des équations différentielles données à des équations intégrales qui fournissent immédiatement les valeurs générales de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ on devra suivre encore la règle que nous venons d'indiquer, dans le cas même où les équations données, étant linéaires, du premier ordre, et à coefficients constants, ne seraient pas ramenées primitivement à la forme sous laquelle se présentent les équations (1) ou (2). On peut donc énoncer la proposition suivante.

» *Théorème.* Supposons que les n variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

soient assujéties, 1° à vérifier n équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants, c'est-à-dire n équations dont les premiers membres soient des fonctions linéaires de ces variables principales et de leurs dérivées

$$\frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{d\eta}{dt}, \quad \frac{d\zeta}{dt}, \ldots$$

prises par rapport à la variable indépendante t, les seconds membres étant nuls; 2° à vérifier, pour une valeur nulle de t, les équations de condition

$$\xi = \alpha, \quad \eta = \beta, \quad \zeta = \gamma \ldots$$

Pour obtenir les valeurs générales de

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

on écrira les dérivées

$$\frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{d\eta}{dt}, \quad \frac{d\zeta}{dt},$$

sous les formes

$$D_t\xi, \ D_t\eta, \ D_t\zeta, \ldots;$$

puis, on recherchera l'équation

$$\nabla = 0,$$

qui résulterait de l'élimination des variables principales ξ, η, ζ, ... entre les équations différentielles données si l'on considérait D_t comme désignant une quantité véritable, et à cette équation $\nabla = 0$, dont le premier membre ∇ sera une fonction de D_t, du degré n, qui pourra être choisie de manière à offrir pour premier terme D_t^n, on substituera la formule

$$\nabla\Theta = 0,$$

que l'on regardera comme une équation différentielle de l'ordre n entre la variable indépendante t, et la fonction principale Θ. Enfin on déterminera cette fonction principale de telle sorte que, pour $t = 0$, elle s'évanouisse avec ses dérivées d'un ordre inférieur à $n - 1$, la dérivée de l'ordre $n - 1$ se réduisant à l'unité; et l'on égalera le premier membre de chacune des équations différentielles données, non plus à zéro, mais au produit de $\nabla\Theta$ par ce que devient ce premier membre quand on y remplace les variables principales ξ, η, ζ, ... par zéro, et leurs dérivées

$$\frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{d\eta}{dt}, \quad \frac{d\zeta}{dt}, \ldots$$

par les valeurs initiales

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma,\ldots$$

de ces mêmes variables. Les nouvelles équations différentielles ainsi formées, étant résolues par rapport à

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

comme si D_t désignait une quantité véritable, fourniront immédiatement les valeurs générales de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ exprimées au moyen de la fonction principale et de ses dérivées relatives à t.

» Ce théorème, qui ramène simplement l'intégration d'un système d'équations différentielles linéaires, à coefficients constants et du premier ordre, à la recherche de la fonction principale, devient surtout utile, dans l'intégration des équations aux différences partielles, comme nous le verrons plus tard. Il est d'ailleurs facile de l'établir directement et de s'assurer qu'il fournit pour les variables principales ξ, η, ζ, des valeurs qui satisfont à toutes les conditions requises. En effet, dire que les valeurs de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

données par les formules (18), sont celles que l'on tire des équations (21), quand on opère comme si D_t était une quantité véritable, c'est dire que l'on a

$$\begin{aligned}
&(D_t+\mathcal{L})(\alpha L+\beta M+\ldots)+\mathcal{M}(\alpha P+\beta Q+\ldots)+\ldots=\alpha\nabla,\\
&\mathcal{P}(\alpha L+\beta M+\ldots)+(D_t+\mathcal{Q})(\alpha P+\beta Q+\ldots)+\ldots=\beta\nabla,\\
&\text{etc.},\ldots
\end{aligned}$$

quels que soient $\alpha, \beta, \ldots$; en d'autres termes, c'est dire que l'on a identiquement

$$(22)\quad \left\{\begin{aligned}
&(D_t+\mathcal{L})L+\mathcal{M}P+\ldots=\nabla, \quad (D_t+\mathcal{L})M+\mathcal{M}Q+\ldots=0, \text{ etc.},\\
&\mathcal{P}L+(D_t+\mathcal{Q})P+\ldots=0, \quad \mathcal{P}M+(D_t+\mathcal{Q})Q+\ldots=\nabla, \text{etc.}\\
&\text{etc.}\ldots
\end{aligned}\right.$$

Or il est clair qu'en vertu des formules (19) et (22) on vérifiera les équations (2), si l'on y substitue les valeurs de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ fournies par les équations (18). De plus, ∇ étant une fonction entière de D_t, choisie de manière que dans cette fonction la plus haute puissance de D_t, savoir, D_t^n, offre pour coefficient l'unité; si l'on regarde D_t comme une quantité véritable, on aura, pour des valeurs infiniment grandes de cette quantité,

$$\frac{\nabla}{D_t^n}=1,$$

et par suite, en vertu des formules (22) divisées par D_t^n,

$$\frac{L}{D_t^{n-1}} = 1, \quad \frac{M}{D_t^{n-1}} = 0,$$
$$\frac{P}{D_t^{n-1}} = 0, \quad \frac{Q}{D_t^{n-1}} = 1, \ldots$$
etc.

Donc parmi les fonctions entières de D_t désignées par

$$L, M, \ldots P, Q, \ldots$$

les unes, savoir

$$L, Q, \ldots$$

seront du degré $n - 1$, et offriront D_t^{n-1} pour premier terme, tandis que les autres seront d'un degré inférieur à $n - 1$. Donc, en vertu des formules (20), on aura, pour $t = 0$,

$$L\Theta = 1, \quad M\Theta = 0, \ldots$$
$$P\Theta = 0, \quad Q\Theta = 1, \ldots$$
etc.,

D_t étant considéré non plus comme une quantité, mais comme une caractéristique, et les valeurs de

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

fournies par les équations (18), vérifieront les conditions (15).

§ II. *Intégration d'un système d'équations différentielles du premier ordre, linéaires et à coefficients constants, dans le cas où les seconds membres, au lieu de se réduire à zéro, deviennent des fonctions de la variable indépendante.*

» Supposons que, dans les équations (1) du paragraphe Ier, les seconds membres, d'abord nuls, se transforment en diverses fonctions

$$X, Y, Z, \ldots$$

de la variable indépendante t, en sorte que ces équations deviennent respectivement

$$(1) \quad \begin{cases} \frac{d\xi}{dt} + \mathfrak{L}\xi + \mathfrak{M}\eta + \ldots = X, \\ \frac{d\eta}{dt} + \mathfrak{P}\xi + \mathfrak{Q}\eta + \ldots = Y, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

ou, ce qui revient au même,

$$(2)\quad \begin{cases} (D_t + \mathcal{L})\xi + \mathcal{M}\eta + \ldots = X, \\ \mathcal{P}\xi + (D_t + \mathcal{Q})\eta + \ldots = Y, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

Si l'on veut obtenir des valeurs des variables principales qui aient la double propriété de vérifier ces nouvelles équations, et de s'évanouir pour $t = 0$, il suffira évidemment de remplacer dans les formules (11) du paragraphe précédent, les constantes

$$\alpha, \ 6, \ldots$$

par les intégrales

$$\int_0^t X e^{-st} dt, \quad \int_0^t Y e^{-st} dt \ldots$$

En effet, en opérant ainsi et désignant par

$$\mathcal{X}, \ \mathcal{Y}, \ldots$$

ce que deviennent

$$X, \ Y, \ldots$$

quand on y remplace la variable indépendante t par une variable auxiliaire τ, on trouvera

$$(3)\quad \begin{cases} \xi = \mathcal{E} \dfrac{\int_0^t (\mathbf{L}\mathcal{X} + \mathbf{M}\mathcal{Y} + \ldots) e^{s(t-\tau)} d\tau}{((s))}, \\ \eta = \mathcal{E} \dfrac{\int_0^t (\mathbf{P}\mathcal{X} + \mathbf{Q}\mathcal{Y} + \ldots) e^{s(t-\tau)} d\tau}{((s))}, \quad \text{etc.} \ldots \end{cases}$$

Or il est clair, 1° que les valeurs précédentes des variables principales s'évanouissent pour $t = 0$; 2° qu'elles vérifieront les équations (1), en vertu des formules (14) du § Ier, si l'on a identiquement

$$(4)\quad \begin{cases} (s + \mathcal{L})(\mathbf{L}\mathcal{X} + \mathbf{M}\mathcal{Y} + \ldots) + \mathcal{M}(\mathbf{P}\mathcal{X} + \mathbf{Q}\mathcal{Y} + \ldots) + \ldots = 0, \\ \mathcal{P}(\mathbf{L}\mathcal{X} + \mathbf{M}\mathcal{Y} + \ldots) + (s + \mathcal{Q})(\mathbf{P}\mathcal{X} + \mathbf{Q}\mathcal{Y} + \ldots) + \ldots = 0, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

D'ailleurs ces dernières équations seront effectivement identiques, attendu que les valeurs de A, B, C... fournies par les équations (9) du § Ier, vérifient les formules (4) du même paragraphe, indépendamment des valeurs attribuées aux facteurs $\alpha, 6, \ldots$ et par conséquent dans le cas même où l'on remplacerait

$$\alpha, \ 6, \ldots \ \text{par} \ \mathcal{X}, \ \mathcal{Y} \ldots$$

» Si maintenant on veut obtenir pour les variables principales

$$\xi, \ \eta, \ \zeta, \ldots$$

des valeurs qui aient la double propriété de vérifier, quel que soit t, les équations (1), et de se réduire aux constantes

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma,\ldots$$

pour $t=0$, il suffira évidemment d'ajouter les valeurs de ξ, η,... fournies par les équations (3) à celles que donnent les formules (11) du § Ier.
On trouvera ainsi

$$(5)\quad \begin{cases} \xi = \mathcal{E}\dfrac{(\mathfrak{L}\alpha+\mathfrak{M}\beta+\ldots)e^{st}}{((s))} + \mathcal{E}\dfrac{\int_0^t(\mathfrak{L}\mathfrak{x}+\mathfrak{M}\mathfrak{y}+\ldots)e^{s(t-\tau)}d\tau}{((s))}, \\ \eta = \mathcal{E}\dfrac{(\mathfrak{P}\alpha+\mathfrak{Q}\beta+\ldots)e^{st}}{((s))} + \mathcal{E}\dfrac{\int_0^t(\mathfrak{P}\mathfrak{x}+\mathfrak{Q}\mathfrak{y}+\ldots)e^{s(t-\tau)}d\tau}{((s))}, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

Il y a plus : si l'on nomme Θ la fonction principale déterminée par la formule

$$(6)\qquad \Theta = \mathcal{E}\frac{e^{st}}{((s))},$$

et ϖ ce que devient cette fonction, quand on y remplace la variable indépendante t par la différence $t-\tau$, en sorte qu'on ait

$$(7)\qquad \varpi = \mathcal{E}\frac{e^{s(t-\tau)}}{((s))};$$

si d'ailleurs, comme dans le § Ier, on désigne par

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ldots\quad \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ldots$$

les fonctions de D_t dans lesquelles se transforment les facteurs

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ldots\quad \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ldots$$

quand on y remplace s par D_t, les formules (5) donneront simplement

$$(8)\quad \begin{cases} \xi = (\alpha\mathrm{L}+\beta\mathrm{M}+\ldots)\Theta + \int_0^t(\mathfrak{x}\mathrm{L}+\mathfrak{y}\mathrm{M}+\ldots)\varpi d\tau, \\ \eta = (\alpha\mathrm{P}+\beta\mathrm{Q}+\ldots)\Theta + \int_0^t(\mathfrak{x}\mathrm{P}+\mathfrak{y}\mathrm{Q}+\ldots)\varpi d\tau, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

D'autre part, si l'on fait pour abréger

$$(9)\qquad \mathrm{Z} = (\mathfrak{x}\mathrm{L}+\mathfrak{y}\mathrm{M}+\ldots)\varpi,\quad \mathrm{H} = (\mathfrak{x}\mathrm{P}+\mathfrak{y}\mathrm{Q}+\ldots)\varpi,\ \text{etc.},$$

Z, H,... représenteront de nouvelles variables assujéties, 1° à vérifier, quel que soit t, les formules

$$(10) \qquad \begin{cases} (D_t + \mathfrak{L})\Xi + \mathfrak{M}H + \ldots = 0, \\ \mathfrak{P}\Xi + (D_t + \mathfrak{Q})H + \ldots = 0, \\ \text{etc.}; \end{cases}$$

2° à vérifier, pour $t - \tau = 0$, ou, ce qui revient au même, pour $\tau = t$, les conditions

$$(11) \qquad \Xi = \mathfrak{X} = X, \quad H = \mathfrak{Y} = Y, \quad \text{etc.}\ldots;$$

et les intégrales

$$\int_0^t \Xi d\tau, \quad \int_0^t H d\tau, \ldots$$

désigneront évidemment les valeurs de ξ, η,... correspondantes au cas particulier où l'on aurait

$$\alpha = 0, \quad \beta = 0, \quad \text{etc.}\ldots$$

Cela posé, on déduira immédiatement des formules (8) la proposition suivante.

» *Théorème.* Supposons que les n variables principales

$$\xi, \quad \eta, \ldots$$

soient assujéties, 1° à vérifier n équations différentielles dont les premiers membres se réduisent à des fonctions linéaires de ces variables et de l'une des dérivées

$$\frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{d\eta}{dt}, \ldots$$

le coefficient de cette dérivée étant l'unité, et les seconds membres étant des fonctions

$$X, \ Y, \ldots$$

de la variable indépendante t; 2° à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

$$\xi = \alpha, \quad \eta = \beta \ldots$$

Pour obtenir les valeurs générales de

$$\xi, \quad \eta, \ldots$$

il suffira d'ajouter à celles que l'on obtiendrait si

$$X, \ Y, \ldots$$

se réduisaient à zéro, les valeurs de ξ, η,... correspondantes au cas particulier où l'on aurait

$$\alpha = 0, \ \beta = 0.$$

Ces dernières seront d'ailleurs de la forme

$$(12) \qquad \xi = \int_0^t \Xi \, d\tau, \quad \eta = \int_0^t \mathrm{H} \, d\tau, \ldots$$

Ξ, H, .. étant ce que deviennent les valeurs de ξ, η,... relatives à des valeurs nulles de X, Y,... quand on y remplace

$$t \text{ par } t - \tau,$$

et

$$\alpha, \beta, \ldots$$

par les quantités

$$\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \ldots$$

dans lesquelles se transforment

$$\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \ldots$$

en vertu de la substitution de τ à t.

» Au reste, pour établir directement ce nouveau théorème, il suffit de montrer que les valeurs de

$$\xi, \eta, \ldots$$

fournies par les équations (12), non-seulement s'évanouissent, comme on le reconnaît à la première vue, pour $t = 0$, mais encore vérifient les équations (1) ou (2). Or effectivement ces valeurs, substituées dans les équations (1) ou (2), les réduiront, en vertu des formules (11), aux suivantes

$$\mathrm{X} + \int_0^t [(\mathrm{D}_t + \mathfrak{L})\Xi + \mathfrak{M}\mathrm{H} + \ldots] \, d\tau = \mathrm{X},$$

$$\mathrm{Y} + \int_0^t [\mathfrak{P}\Xi + (\mathrm{D}_t + \mathfrak{Q})\mathrm{H} + \ldots] \, d\tau = \mathrm{Y},$$

etc.,

et ces dernières seront identiques, eu égard aux équations (10).

§ III. *Intégration d'un système d'équations différentielles linéaires et à coefficients constants d'un ordre quelconque, le second membre de chaque équation pouvant être ou zéro, ou une fonction de la variable indépendante.*

» Supposons que les équations différentielles données, étant par rapport à une ou plusieurs des variables principales

$$\xi, \eta, \ldots$$

d'un ordre supérieur au premier, contiennent avec ces variables principales les dérivées de ξ, de η,... relatives à t, et dont l'ordre ne surpasse pas n'

pour la variable ξ, n'' pour la variable η... Supposons d'ailleurs que ces équations soient linéaires et à coefficients constants, les seconds membres pouvant être des fonctions de la variable indépendante t. Les premiers membres, dans le cas le plus général, seront des fonctions linéaires, à coefficients constants, des quantités

$$\xi,\ \xi'=\frac{d\xi}{dt},\ \xi''=\frac{d^2\xi}{dt^2},\dots\ \xi^{(n')}=\frac{d^{n'}\xi}{dt^{n'}};$$

$$\eta,\ \eta'=\frac{d\eta}{dt},\ \eta''=\frac{d^2\eta}{dt^2},\dots\ \eta^{(n'')}=\frac{d^{n''}\eta}{dt^{n''}},$$

etc.,

et les variables principales

$$\xi,\ \eta,\dots$$

pourront être complétement déterminées si on les assujétit, 1° à vérifier les équations différentielles données, quel que soit t; 2° à vérifier, pour $t=0$, des conditions de la forme

$$(1)\quad \begin{cases} \xi=\alpha,\ \xi'=\alpha',\dots\ \xi^{(n'-1)}=\alpha^{(n'-1)}; \\ \eta=6,\ \eta'=6',\dots\ \eta^{(n''-1)}=6^{(n''-1)}, \\ \text{etc.,} \end{cases}$$

$\alpha,\ \alpha',\dots\ \alpha^{(n'-1)};\ 6,\ 6',\dots\ 6^{(n''-1)}$, etc.,... désignant des constantes arbitraires dont le nombre n sera

$$(2)\qquad n'+n''+\dots=n.$$

Cela posé, les équations différentielles données pourront être considérées comme établissant entre les variables

$$\xi,\ \xi',\dots\ \xi^{(n'-1)},\ \xi^{(n')};\quad \eta,\ \eta',\dots\ \eta^{(n''-1)},\ \eta^{(n'')},\ \text{etc.},$$

des relations en vertu desquelles les dérivées des ordres les plus élevés, savoir

$$\xi^{(n')},\ \eta^{(n'')},\dots$$

s'exprimeront à l'aide des dérivées d'ordres inférieurs

$$\xi,\ \xi',\dots\ \xi^{(n'-1)};\quad \eta,\ \eta',\dots\ \eta^{(n''-1)},\ \text{etc.};$$

et, pour ramener le système des équations différentielles données à un système d'équations différentielles du premier ordre, il suffira de les remplacer par les suivantes,

$$(3)\quad \begin{cases} D_t\xi-\xi'=0,\quad D_t\xi'-\xi''=0,\dots\quad D_t\xi^{(n'-1)}-\xi^{(n')}=0; \\ D_t\eta-\eta'=0,\quad D_t\eta'-\eta''=0,\dots\quad D_t\eta^{(n''-1)}-\eta^{(n'')}=0, \\ \text{etc...} \end{cases}$$

en prenant pour inconnues ou variables principales les n dérivées d'ordre inférieur, savoir

$$\xi, \xi', \ldots \xi^{(n'-1)};\quad \eta, \eta', \ldots \eta^{(n''-1)}, \text{ etc.}\ldots$$

et supposant, comme on vient de le dire, les dérivées d'ordres supérieurs, savoir

$$\xi^{(n')},\quad \eta^{(n'')}, \ldots$$

exprimées en fonction des autres et de la variable t par le moyen des équations données. Or, si les seconds membres des équations données s'évanouissent, les valeurs qu'elles fourniront pour

$$\xi^{(n')},\quad \eta^{(n'')}, \ldots$$

se réduiront à des fonctions linéaires de

$$\xi, \xi', \ldots \xi^{(n'-1)};\quad \eta, \eta', \ldots \eta^{(n''-1)}, \text{ etc.}\ldots;$$

et si, après avoir substitué ces valeurs dans les équations (3), on veut intégrer ces dernières équations, on devra, suivant ce qu'on a vu dans le § Ier, opérer de la manière suivante.

» 1°. On éliminera les variables

$$\xi, \xi', \ldots \xi^{(n'-1)};\quad \eta, \eta' \ldots \eta^{(n''-1)},$$

entre les équations (3), ou, ce qui revient au même, on éliminera les seules variables

$$\xi,\ \eta, \ldots$$

entre les équations différentielles données, en opérant comme si D_t désignait une quantité véritable; et après avoir ainsi trouvé une équation résultante

$$\nabla = 0,$$

dont le premier membre ∇ sera une fonction entière de D_t du degré n, on assujétira la *fonction principale* Θ à la double condition de vérifier, quel que soit t, l'équation différentielle de l'ordre n,

$$\nabla\Theta = 0, \tag{4}$$

et de vérifier, pour $t = 0$, les formules

$$\Theta = 0,\quad D_t\Theta = 0,\quad D_t^2\Theta = 0, \ldots\quad D_t^{n-1}\Theta = 0,\quad D_t^n\Theta = 1. \tag{5}$$

Pour satisfaire à cette double condition, il suffira de prendre

$$\Theta = \mathcal{E}\frac{e^{st}}{((s))}, \tag{6}$$

s désignant la variable auxiliaire à laquelle le signe $\mathcal{E}$ se rapporte, et $\mathfrak{s}$ la fonction de s en laquelle ∇ se transforme, quand on y remplace D_t par s.

» 2°. Après avoir substitué dans les équations (3) les valeurs de

$$\xi^{(n')}, \quad \eta^{(n'')}, \ldots$$

exprimées en fonctions linéaires des inconnues ou variables principales

$$\xi, \xi', \ldots \xi^{(n'-1)};$$
$$\eta, \eta', \ldots \eta^{(n''-1)},$$

on y remplacera les dérivées de ces variables, savoir,

$$D_t\xi, D_t\xi', \ldots D_t\xi^{(n'-1)};$$
$$D_t\eta, D_t\eta', \ldots D_t\eta^{(n''-1)},$$

par les différences

$$D_t\xi - \alpha\nabla\Theta, \quad D_t\xi' - \alpha'\nabla\Theta, \quad D_t\xi^{(n'-1)} - \alpha^{(n'-1)}\nabla\Theta;$$
$$D_t\eta - \beta\nabla\Theta, \quad D_t\eta' - \beta'\nabla\Theta, \quad D_t\eta^{(n''-1)} - \beta^{(n''-1)}\nabla\Theta,$$

etc...;

puis on résoudra, par rapport à

$$\xi, \xi', \ldots \xi^{(n'-1)}; \quad \eta, \eta', \ldots \eta^{(n''-1)}, \text{ etc...}$$

les nouvelles équations ainsi obtenues, en opérant comme si D_t était une quantité véritable. D'ailleurs, les remplacements dont il est ici question transformeront les équations (3) en celles qui suivent:

$$(7)\quad \begin{cases} D_t\xi - \xi' = \alpha\nabla\Theta, \quad D_t\xi' - \xi'' = \alpha'\nabla\Theta, \ldots \quad D_t\xi^{(n'-1)} - \xi^{(n')} = \alpha^{(n'-1)}\nabla\Theta; \\ D_t\eta - \eta' = \beta\nabla\Theta, \quad D_t\eta' - \eta'' = \beta''\nabla\Theta, \ldots \quad D_t\eta^{(n''-1)} - \eta^{(n'')} = \beta^{(n''-1)}\nabla\Theta, \\ \text{etc...} \end{cases}$$

et l'on tire immédiatement des formules (7)

$$(8)\quad \begin{cases} \xi' = D_t\xi - \alpha\nabla\Theta, \ \xi'' = D_t^2\xi - (\alpha' + \alpha D_t)\nabla\Theta, \ldots \xi^{(n')} = D_t^{n'}\xi - (\alpha^{(n'-1)} + \ldots + \alpha' D_t^{n'-2} + \alpha D_t^{n'-1})\nabla\Theta; \\ \eta' = D_t\eta - \beta\nabla\Theta, \ \eta'' = D_t^2\eta - (\beta' + \beta D_t)\nabla\Theta, \ldots \eta^{(n'')} = D_t^{n''}\eta - (\beta^{(n''-1)} + \ldots + \beta' D_t^{n''-2} + \beta D_t^{n''-1})\nabla\Theta, \\ \text{etc...} \end{cases}$$

Donc, *pour intégrer, dans l'hypothèse admise, les équations différentielles données, il suffira de les considérer comme établissant des relations entre les quantités*

$$\xi, \xi', \xi'', \ldots \xi^{(n')}; \quad \eta, \eta', \eta'', \ldots \eta^{(n'')}, \text{ etc.};$$

puis d'y substituer les valeurs de

$$\xi', \xi'', \ldots \xi^{(n')}; \quad \eta', \eta'', \ldots \eta^{(n'')}, \text{ etc.},$$

fournies par les équations (8), *et de les résoudre ensuite par rapport aux variables principales*

$$\xi,\ \eta,\ldots$$

en opérant comme si D_t *était une quantité véritable.* Cette règle très simple fournira immédiatement les intégrales générales d'un système d'équations différentielles linéaires et à coefficients constants d'un ordre quelconque, lorsque les seconds membres de ces équations se réduiront à zéro.

» Si les seconds membres des équations différentielles données étaient supposés, non plus égaux à zéro, mais fonctions de la variable indépendante t, il faudrait aux valeurs de

$$\xi,\ \eta,\ldots$$

obtenues comme on vient de le dire, ajouter des accroissements représentés par des intégrales définies de la forme

$$\int_0^t \Xi\, d\tau,\quad \int_0^t \mathrm{H}\, d\tau,\ \text{etc.}\ldots$$

Soient d'ailleurs, dans cette seconde hypothèse,

$$X,\ Y,\ldots$$

les valeurs de

$$\xi^{(n')} = \frac{d^{n'}\xi}{dt^{n'}},\quad \eta^{(n'')} = \frac{d^{n''}\eta}{dt^{n''}},$$

que fournissent les équations données quand on y remplace

$$\xi,\ \xi',\ldots\ \xi^{(n'-1)};\quad \eta,\ \eta',\ldots\ \eta^{(n''-1)},\ \text{etc.},$$

ou, ce qui revient au même,

$$\xi,\ \frac{d\xi}{dt},\ldots\ \frac{d^{n'-1}\xi}{dt^{n'-1}};\quad \eta,\ \eta',\ldots\ \frac{d^{n''-1}\eta}{dt^{n''-1}},\ \text{etc.}\ldots,$$

par zéro; et nommons

$$\mathfrak{X},\ \mathfrak{Y},\ldots$$

les fonctions de τ, dans lesquelles se changent

$$X,\ Y,\ldots$$

quand on y remplace la variable indépendante t par la variable auxiliaire τ. Pour obtenir les valeurs de

$$\Xi,\ \mathrm{H},\ldots$$

il suffira, d'après ce qui a été dit dans le § II, de chercher ce que deviennent les valeurs générales de

$$\xi,\ \eta,\ldots$$

relatives à la première hypothèse, quand on y remplace

$$t \text{ par } t - \tau,$$

et

$$\alpha, \alpha', \ldots \alpha^{(n'-2)}, \alpha^{(n'-1)}; \quad \mathcal{C}, \mathcal{C}', \ldots \mathcal{C}^{(n''-2)}, \mathcal{C}^{(n''-1)}, \text{ etc.} \ldots$$

par

$$0, 0, \ldots \quad 0, \quad \mathfrak{X}; \quad 0, 0, \ldots \quad 0, \quad \mathfrak{I}; \quad \text{etc.} \ldots$$

» *Applications.* Pour montrer une application des principes que nous venons d'établir, proposons-nous d'abord d'intégrer une seule équation différentielle de l'ordre n et de la forme

$$\frac{d^n\xi}{dt^n} + a\frac{d^{n-1}\xi}{dt^{n-1}} + b\frac{d^{n-2}\xi}{dt^{n-2}} + \ldots + h\frac{d\xi}{dt} + k\xi = \mathrm{X},$$

$a, b, \ldots h, k$, désignant des coefficients constants, et X une fonction quelconque de t. Si l'on suppose d'abord X réduit à zéro, l'équation donnée deviendra

$$\nabla\xi = 0,$$

la valeur de ∇ étant

$$\nabla = \mathrm{D}_t^n + a\mathrm{D}_t^{n-1} + b\mathrm{D}_t^{n-2} + \ldots + h\mathrm{D}_t + k;$$

et par suite, si l'on pose

$$\mathrm{S} = s^n + as^{n-1} + bs^{n-2} + \ldots + hs + k = \mathrm{F}(s),$$

la fonction principale Θ sera déterminée par la formule

$$\Theta = \mathcal{E}\frac{e^{st}}{((\mathrm{S}))} = \mathcal{E}\frac{e^{st}}{((\mathrm{F}(s)))}.$$

D'ailleurs, lorsqu'on regardera la proposée comme établissant une relation entre les quantités

$$\xi, \xi', \ldots \xi^{(n-1)}, \xi^{(n)},$$

elle se présentera sous la forme

$$\xi^{(n)} + a\xi^{(n-1)} + b\xi^{(n-2)} + \ldots + h\xi' + k\xi = 0;$$

et, si l'on substitue dans cette dernière formule les valeurs de

$$\xi', \xi'' \ldots \xi^{(n)},$$

fournies par les équations (8), on en conclura

$$\nabla\xi = \{[\alpha^{(n-1)} + \ldots + \alpha'\mathrm{D}_t^{n-2} + \alpha\mathrm{D}_t^{n-1}] + \ldots + h(\alpha' + \alpha\mathrm{D}_t) + k\alpha\}\,\nabla\Theta;$$

puis, en opérant comme si D_t et ∇ étaient des quantités véritables,

$$\xi = \{[\alpha^{(n-1)} + \ldots + \alpha'\mathrm{D}_t^{n-2} + \alpha\mathrm{D}_t^{n-1}] + \ldots + h(\alpha' + \alpha\mathrm{D}_t) + k\alpha\}\,\Theta.$$

Telle sera effectivement la valeur générale de ξ, que l'on pourra présenter

sous la forme

$$\xi = \frac{F(D_t) - F(\alpha)}{D_t - \alpha} \Theta,$$

pourvu que, dans le développement du rapport

$$\frac{F(D_t) - F(\alpha)}{D_t - \alpha},$$

on remplace les puissances entières de α, savoir,

$$\alpha^0 = 1, \alpha^1, \alpha^2, \ldots \alpha^{(n-1)},$$

par les constantes arbitraires

$$\alpha, \alpha', \alpha'', \ldots \alpha^{(n-1)}.$$

Si, dans la dernière valeur de ξ, on substitue la valeur trouvée de Θ, on obtiendra la formule symbolique

$$\xi = \mathcal{E} \frac{F(s) - F(\alpha)}{s - \alpha} \frac{e^{st}}{((F(s)))},$$

à laquelle nous sommes déjà parvenus dans les *Exercices de Mathématiques*.

» Pour passer du cas où X s'évanouit au cas où X est fonction de t, il suffira d'ajouter à la valeur précédente de ξ, l'intégrale définie

$$\int_0^t \Xi d\tau,$$

Ξ désignant ce que devient la valeur précédente de ξ quand on y remplace

$$t \text{ par } t - \tau,$$

$\alpha, \alpha', \ldots \alpha^{(n-2)}$ par zéro; et $\alpha^{(n-1)}$ par la fonction $\mathfrak{X}$ en laquelle se transforme X en vertu de la substitution de τ à t. Cela posé, soit

$$\varpi = \mathcal{E} \frac{e^{s(t-\tau)}}{((F(s)))}.$$

L'équation en ξ trouvée plus haut, savoir,

$$\xi = [\alpha^{(n-1)} + \ldots] \Theta,$$

entraînera la suivante

$$\Xi = \mathfrak{X}\varpi = \mathfrak{X} \mathcal{E} \frac{e^{s(t-\tau)}}{((F(s)))},$$

et, par suite, en intégrant l'équation

$$\frac{d^n\xi}{dt^n} + a \frac{d^{n-1}\xi}{dt^{n-1}} + b \frac{d^{n-2}\xi}{dt^{n-2}} + \ldots + h \frac{d\xi}{dt} + k\xi = X,$$

de manière à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

$$\xi = \alpha,\ \frac{d\xi}{dt} = \alpha',\ldots \frac{d^{n-1}\xi}{dt^{n-1}} = \alpha^{(n-1)},$$

on trouvera

$$\xi = \frac{F(D_t) - F(\alpha)}{D_t - \alpha}\,\Theta + \int_0^t \mathcal{X}\mathcal{E}\,d\tau,$$

ou, ce qui revient au même,

$$\xi = \mathcal{E}\frac{F(s) - F(\alpha)}{s - \alpha}\,\frac{e^{st}}{((F(s)))} + \mathcal{E}\frac{\int_0^t \mathcal{X} e^{s(t-\tau)}\,d\tau}{((F(s)))},$$

pourvu que dans le développement du rapport qui renferme la lettre α, on remplace $\alpha^0, \alpha^1, \ldots \alpha^{n-1}$ par $\alpha, \alpha', \ldots \alpha^{(n-1)}$. On se trouve ainsi ramené aux résultats déjà obtenus dans les *Exercices de Mathématiques*.

» Proposons-nous maintenant d'intégrer les équations simultanées

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = \mathcal{L}\xi + \mathcal{R}\eta + \mathcal{Q}\zeta + X,$$
$$\frac{d^2\eta}{dt^2} = \mathcal{R}\xi + \mathcal{M}\eta + \mathcal{P}\zeta + Y,$$
$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = \mathcal{Q}\xi + \mathcal{P}\eta + \mathcal{N}\zeta + Z,$$

$\mathcal{L}, \mathcal{M}, \mathcal{N}, \mathcal{P}, \mathcal{Q}, \mathcal{R}$ désignant des coefficients constants, et

$$X,\ Y,\ Z,$$

des fonctions de la variable indépendante t. Si l'on suppose d'abord ces fonctions nulles, les équations données se réduiront aux suivantes

$$(\mathcal{L} - D_t^2)\xi + \mathcal{R}\eta + \mathcal{Q}\zeta = 0,$$
$$\mathcal{R}\xi + (\mathcal{M} - D_t^2)\eta + \mathcal{P}\zeta = 0,$$
$$\mathcal{Q}\xi + \mathcal{P}\eta + (\mathcal{N} - D_t^2)\zeta = 0.$$

En éliminant ξ, η, ζ entre ces dernières, et opérant comme si D_t était une quantité véritable, on obtiendra une équation résultante

$$\nabla = 0,$$

dont le premier membre N pourra être censé déterminé par la formule

$$\nabla = (D_t^2 - \mathcal{L})(D_t^2 - \mathcal{M})(D_t^2 - \mathcal{N}) - \mathcal{P}^2(D_t^2 - \mathcal{L}) - \mathcal{Q}^2(D_t^2 - \mathcal{M}) - \mathcal{R}^2(D_t^2 - \mathcal{N}) - 2\mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R}.$$

Soit $\mathcal{S}$ ce que devient la valeur précédente de ∇ quand on y remplace D_t par s, en sorte qu'on ait

$$\mathcal{S} = (s^2 - \mathcal{L})(s^2 - \mathcal{M})(s^2 - \mathcal{N}) - \mathcal{P}^2(s^2 - \mathcal{L}) - \mathcal{Q}^2(s^2 - \mathcal{M}) - \mathcal{R}^2(s^2 - \mathcal{N}) - 2\mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R},$$

et posons

$$\Theta = \mathcal{E}\frac{e^{st}}{((s))};$$

si l'on veut déterminer les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

de manière qu'elles vérifient, quel que soit t, les équations données, et pour $t=0$, les conditions

$$\xi=\alpha,\ \eta=\beta,\ \zeta=\gamma,\ \frac{d\xi}{dt}=\alpha',\ \frac{d\eta}{dt}=\beta',\ \frac{d\zeta}{dt}=\gamma',$$

il suffira de remplacer, dans les équations données, les dérivées du second ordre

$$\xi''=D_t^2\xi,\ \eta''=D_t^2\eta,\ \zeta''=D_t^2\zeta,$$

par les différences

$$D_t^2\xi-(\alpha'+\alpha D_t)\nabla\Theta,\ D_t^2\eta-(\beta'+\beta D_t)\nabla\Theta,\ D_t^2\zeta-(\gamma'+\gamma D_t)\nabla\Theta,$$

puis de résoudre par rapport à

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et en opérant comme si D_t était une quantité véritable, les nouvelles équations formées comme on vient de le dire, savoir,

$$\begin{aligned}
(D_t^2-\mathcal{L})\xi-\mathcal{R}\eta-\mathcal{Q}\zeta&=(\alpha'+\alpha D_t)\nabla\Theta,\\
-\mathcal{R}\xi+(D_t^2-\mathcal{M})\eta-\mathcal{P}\zeta&=(\beta'+\beta D_t)\nabla\Theta,\\
-\mathcal{Q}\xi-\mathcal{P}\eta+(D_t^2-\mathcal{N})\zeta&=(\gamma'+\gamma D_t)\nabla\Theta.
\end{aligned}$$

On trouvera de cette manière

$$\begin{aligned}
\xi=&\ [(D_t^2-\mathcal{M})(D_t^2-\mathcal{N})-\mathcal{P}^2](\alpha'+\alpha D_t)\Theta\\
&+[\mathcal{R}(D_t^2-\mathcal{N})+\mathcal{P}\mathcal{Q}]\,(\beta'+\beta D_t)\Theta\\
&+[\mathcal{Q}(D_t^2-\mathcal{M})+\mathcal{R}\mathcal{P}]\,(\gamma'+\gamma D_t)\Theta,\\
&\text{etc.},
\end{aligned}$$

et, en posant, pour abréger,

$$\mathfrak{L}=(D_t^2-\mathcal{M})(D_t^2-\mathcal{N})-\mathcal{P}^2,\ \mathfrak{M}=(D_t^2-\mathcal{N})(D_t^2-\mathcal{L})-\mathcal{Q}^2,\ \mathfrak{N}=(D_t^2-\mathcal{L})(D_t^2-\mathcal{M})-\mathcal{R}^2,$$
$$\mathfrak{P}=\mathcal{P}(D_t^2-\mathcal{L})+\mathcal{Q}\mathcal{R},\quad \mathfrak{Q}=\mathcal{Q}(D_t^2-\mathcal{M})+\mathcal{R}\mathcal{P},\quad \mathfrak{R}=\mathcal{R}(D_t^2-\mathcal{N})+\mathcal{P}\mathcal{Q},$$

on aura simplement

$$\begin{aligned}
\xi&=[(\alpha'+\alpha D_t)\mathfrak{L}+(\beta'+\beta D_t)\mathfrak{R}+(\gamma'+\gamma D_t)\mathfrak{Q}]\Theta,\\
\eta&=[(\alpha'+\alpha D_t)\mathfrak{R}+(\beta'+\beta D_t)\mathfrak{M}+(\gamma'+\gamma D_t)\mathfrak{P}]\Theta,\\
\zeta&=[(\alpha'+\alpha D_t)\mathfrak{Q}+(\beta'+\beta D_t)\mathfrak{P}+(\gamma'+\gamma D_t)\mathfrak{N}]\Theta.
\end{aligned}$$

» Si maintenant les fonctions de t désignées par

$$\mathrm{X},\ \mathrm{Y},\ \mathrm{Z},$$

cessent d'être nulles, et si l'on nomme

$$\mathfrak{x},\ \mathfrak{y},\ \mathfrak{z},$$

ce que deviennent ces fonctions quand on y remplace la variable indépendante t par la variable auxiliaire τ, alors pour obtenir les valeurs générales de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

il suffira d'ajouter celles qu'on vient de trouver à celles que déterminent les formules

$$\xi = \int_0^t (\mathfrak{x}\mathfrak{L} + \mathfrak{y}\mathfrak{R} + \mathfrak{z}\mathfrak{Q})\varpi d\tau,$$

$$\eta = \int_0^t (\mathfrak{x}\mathfrak{R} + \mathfrak{y}\mathfrak{M} + \mathfrak{z}\mathfrak{P})\varpi d\tau,$$

$$\zeta = \int_0^t (\mathfrak{x}\mathfrak{Q} + \mathfrak{y}\mathfrak{P} + \mathfrak{z}\mathfrak{N})\varpi d\tau,$$

la valeur de ϖ étant

$$\varpi = \mathcal{E}\,\frac{e^{s(t-\tau)}}{((s))}.\text{ »}$$

(La suite au prochain numéro.)

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Quelques nouvelles expériences sur les fonctions du système nerveux ; par* M. **Magendie**.

« Je demande la permission à l'Académie de lui communiquer les résultats de quelques nouvelles expériences sur les fonctions du système nerveux.

» On se rappelle le fait singulier que j'ai signalé récemment, savoir que la racine antérieure des nerfs rachidiens reçoit sa sensibilité de la racine postérieure, et que cette sensibilité acquise vient de la circonférence au centre. J'étais curieux de connaître si le même genre d'influence n'aurait pas lieu entre les faisceaux de la moelle. Pour y parvenir, après avoir vérifié de nouveau que les cordons postérieurs de la moelle ont une sensibilité exquise, tandis que les antérieurs en ont une moins prononcée, j'ai coupé d'un côté les racines postérieures d'une paire lombaire ; je comparai à la même hauteur le faisceau antérieur, et je reconnus que sa sensibilité était très affaiblie sinon tout-à-fait détruite. Cette influence

s'était probablement transmise par les racines motrices restées intactes, mais il fallait le vérifier. A cet effet, laissant les racines sensitives dans leur intégrité, je coupai par le milieu les racines motrices; la même disparition de la sensibilité du cordon au lieu et au-dessus du lieu où elles prennent naissance, se fit également remarquer.

»Plusieurs fois répétées, ces expériences m'ont permis de conclure que le cordon postérieur de la moelle, les racines sensitives, le ganglion, le nerf rachidien, les racines motrices, et enfin le cordon antérieur ou moteur, forment une sorte de chaîne circulaire dont chacun des éléments sert à transmettre la sensibilité des cordons postérieurs aux antérieurs. Pourquoi cette transmission se fait-elle par un chemin aussi long, aussi détourné, tandis qu'elle pourrait se faire par le simple intermédiaire du cordon sutural? Je l'ignore : c'est une question neuve à soumettre à l'expérience; mais le fait en lui-même de l'influence d'une partie du système nerveux central sur une autre, n'en est pas moins remarquable et peut, s'il se confirme, ouvrir une nouvelle voie de recherche dans cette matière encore si obscure.

»A la suite de cette Note, M. Magendie communique verbalement plusieurs faits relatifs à la sensibilité du nerf facial, sensibilité acquise et due, comme on sait aujourd'hui, à l'influence de la cinquième paire, ou mieux, au nerf sensitif de la face.

»Voulant montrer à son auditoire au Collége de France, sur un rongeur, la sensibilité du nerf facial, M. Magendie remarqua que, des trois branches du nerf facial, la supérieure et l'inférieure étaient entièrement insensibles, mais que la branche moyenne offrait, au contraire, des traces non douteuses de sensibilité. Fort étonné de ce résultat, M. Magendie refit plusieurs fois l'expérience, et toujours il trouva la même insensibilité dans les branches supérieure et inférieure, et la même sensibilité dans la branche moyenne. L'idée qui s'offrait d'abord à l'esprit, c'est qu'une anastomose de la cinquième paire était la clé du phénomène. En effet, sur une tête de lapin, où les nerfs étaient disséqués avec le plus grand soin par M. Bernard, on reconnut qu'un très petit filet de la cinquième paire venait se joindre à la partie supérieure de la branche moyenne. Rien n'était plus simple alors que de s'assurer si ce filet était la véritable source de la sensibilité, en apparence anormale. Ce filet fut coupé sur un lapin vivant, et aussitôt la branche moyenne du facial perdit toute trace de sensibilité.

»Ainsi, le fait dont je viens de parler, qui d'abord avait paru fort étrange, se trouva au contraire très simple, en prenant l'anastomose de la cin-

quième paire avec le facial, non pour un abouchement, mais comme une association de filets nerveux moteurs avec des filets sensibles. Tant que durera l'accolement, le nerf sera à la fois sensible et moteur; dès qu'il cessera, les filets isolés conserveront leurs caractères propres de moteurs ou sensibles.

» Pour preuve à l'appui de cette assertion, M. Magendie dit que le nerf facial du lapin est insensible à son origine, insensible à sa sortie du trou stylo-mastoïdien, sensible à sa jonction avec la cinquième paire et pendant tout le temps que dure cette jonction, et que la même branche nerveuse redevient insensible après qu'elle a été abandonnée par le filet sensible.

» L'insensibilité de deux branches du nerf facial ne s'est pas retrouvée sur les chevreaux ni sur les chiens, et très probablement n'existe pas chez l'homme; c'est une question qui sera résolue en déterminant exactement le nombre et la disposition des anastomoses qui prennent ainsi un intérêt tout particulier, tandis qu'ils n'ont été jusqu'ici pour ainsi dire que de simple curiosité. Dans cette circonstance, la physiologie aura encore versé la lumière sur les faits anatomiques, et aura fait cesser leur caractère trop souvent stérile.

» Mais un fait auquel on ne se serait guère attendu, d'après les idées admises sur les fonctions des nerfs, c'est que le tronc du nerf facial étant coupé, toutes ses branches conserveront leur sensibilité. Ce fait peut avoir d'importantes applications chirurgicales. On comprend, par exemple, que le nerf facial, bien que par lui-même nerf simple, nerf moteur, peut être le siége de névralgie, et que la section du tronc de ce nerf, dans la vue de guérir cette maladie, ne saurait avoir ce résultat. Cette opération qui a été pratiquée détruit certainement l'influence motrice, c'est-à-dire que la moitié du visage se paralyse et la douleur conserve toute son intensité.

» Une dernière remarque indiquée par M. Magendie, est que, quand on coupe le tronc du nerf facial, le bout qui correspond aux branches conserve comme celles-ci la sensibilité dont celle-ci lui vient de la circonférence vers le centre; c'est, par conséquent, un phénomène du même ordre que celui qui a été signalé dans la Note lue par M. Magendie, et qu'on pourrait nommer *sensibilité en retour.* »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Note sur le diaphragme branchial qui fait partie du mécanisme de la respiration des poissons; par* M. DUVERNOY.

« Les deux séries de lames qui composent chaque branchie dans les *poissons osseux,* et qui reposent sur la convexité d'un même arc bran-

chial, peuvent être entièrement séparées l'une de l'autre, ou réunies dans une étendue variable de leur bord interne, par une cloison fibreuse et souvent musculo-tendineuse, que j'appelle leur *diaphragme commun*.

» Au lieu de ce diaphragme commun, il n'y a quelquefois qu'un diaphragme partiel et multiple, qui réunit les deux lames correspondantes de chaque série.

» Le diaphragme général et commun à toutes les paires de lames passe transversalement d'une paire à l'autre, sert à limiter l'étendue de leur écartement, et forme une cloison commune qui s'étend plus ou moins entre toutes les lames, depuis leur base vers leur extrémité; il en sépare ainsi la série antérieure de la série postérieure.

» Chez les uns le diaphragme branchial n'occupe que le sixième de la longueur totale des lames; chez d'autres il a le quart, ou le tiers, ou la moitié de cette étendue. Elle varie même d'une espèce à l'autre, appartenant à des genres d'ailleurs très naturels.

» M. Lereboullet, dans sa Dissertation sur les organes de respiration des vertébrés, énumère ces différences pour un assez grand nombre de poissons que nous avons examinés ensemble ou séparément (1).

» Dans les poissons cartilagineux, le diaphragme prend de plus en plus d'extension, au point qu'on en a méconnu jusqu'ici l'analogie de composition, du moins chez les *Sélaciens*, les *Lamproyes* et les *Ammocètes*. Mais si on l'étudie dans l'Esturgeon, où il s'étend dans les trois quarts de la longueur des lames, puis dans la *Chimère*, où il a toute leur hauteur, en conservant son bord intérieur libre, cette analogie deviendra évidente dans les Sélaciens et les Lamproyes chez lesquels son bord extérieur se soude à la peau.

» Dans ce dernier cas, chaque série de lames appartenant à la même branchie, ou supportée par le même cerceau chez les poissons osseux, est séparée dans une poche particulière dont la paroi antérieure donne attache à la série postérieure des lames de la branchie précédente, et la paroi postérieure supporte la série antérieure des lames de la branchie suivante.

» Il n'y a ici évidemment, pour former les poches branchiales multiples, qu'un plus grand développement du diaphragme branchial, qui se voit

---

(1) *Anatomie comparée de l'appareil respiratoire dans les animaux vertébrés*; par A. LEREBOULLET. Strasbourg, 1838, p. 134.

dans beaucoup de poissons osseux, développement qui coexiste avec celui de l'opercule membraneux.

» Cette analogie de composition entre les poissons à branchies libres et ceux à branchies fixes une fois comprise, il sera facile de saisir les ressemblances et les différences que peut présenter le diaphragme branchial dans les détails de sa structure. J'avais décrit avec soin celui des *raies*, dans ma rédaction de la première édition des Leçons (T. IV, p. 380 et 381), et je puis encore montrer le dessin de la préparation que j'avais faite, en 1804, pour cette description.

» Ici il se compose, outre la cloison fibreuse, d'une couche de faisceaux musculeux, qui doublent pour ainsi dire cette cloison, et séparent avec elle la série des lames branchiales antérieures de la série des lames postérieures; ces deux séries étant soutenues par un même cerceau et par les rayons cartilagineux qui en partent et auxquels se fixent ces faisceaux musculeux.

» Ces rayons, pour le dire en passant, semblent tenir lieu des lames branchiales cartilagineuses des poissons osseux, qui manquent dans les lames branchiales uniquement membraneuses des Sélaciens.

» Dans la *Lamproye marine*, ce diaphragme formant à la fois la paroi antérieure et la paroi postérieure des deux poches branchiales qui se suivent, est une cloison aponévrotique, sur laquelle s'appuient les lames branchiales qui sont ici, comme dans les Sélaciens, simplement membraneuses. Entre ces lames et la cloison, il y a des faisceaux musculeux qui tiennent lieu du muscle diaphragmatique, que je crois avoir décrit le premier dans les Sélaciens.

» Ces faisceaux très distincts ont différentes directions. Il y en a qui se portent de l'axe de la poche à la circonférence; ce sont ceux qui doublent immédiatement la série des lames. La couche adhérente à la partie tendineuse du diaphragme se compose de faisceaux concentriques à la circonférence de cette cloison, s'entre-croisant avec les premiers. Les uns et les autres la raccourcissent dans tous les sens et contribuent à diminuer ainsi la capacité de chaque poche branchiale, pour en faire sortir l'eau.

» Ces deux couches musculeuses répondent, jusqu'à un certain point, à la structure que nous allons indiquer dans l'Esturgeon, et même à celle découverte dans les *Môles*, par M. *Alessandrini*.

« Le tissu qui réunit les lames présente des stries transversales qui pa-
» raissent être de nature musculeuse; de plus, on trouve, dans l'épais-

» seur de ce diaphragme, des faisceaux musculeux très apparents, disposés
» parallèlement aux lames, et dont les tendons s'épanouissent dans le bord
» libre de la membrane qui réunit ces lames. Ces muscles servent à rap-
» procher et à écarter les lames les unes des autres (1). »

» Les derniers sont précisément ceux que M. le docteur Bazin croyait avoir découverts, avant que je lui eusse montré le passage de la Dissertation de M. Lereboullet que je viens de transcrire, et dont l'auteur avait d'ailleurs adressé un exemplaire à M. Bazin dès le mois de septembre dernier.

» Cette circonstance me fait regretter de ne pas avoir demandé, l'an passé, un rapport verbal sur cet ouvrage, lorsque j'en ai fait hommage à l'Académie, de la part de son auteur. Ce rapport aurait fait connaître un travail consciencieux, qui ne peut manquer d'être signalé comme ayant fait faire des progrès sensibles à cette partie de la science, et comme singulièrement propre à en faciliter l'étude, par la manière dont il est écrit.

» En même temps que M. Lereboullet signalait l'existence assez générale de ce diaphragme branchial fibreux et musculeux, et qu'il décrivait plus particulièrement sa structure dans l'Esturgeon, où elle est plus apparente, M. le professeur Antoine *Alessandrini* publiait, en 1838, sur l'appareil de la respiration des poissons, et spécialement sur celui des *Poissons-Lunes* ou des *Môles*, un Mémoire remarquable, qu'il avait lu déjà le 19 novembre 1835 à l'Académie de Bologne, mais dont je n'avais eu aucune connaissance, avant l'envoi qu'il a bien voulu m'en faire, au mois d'août dernier, et que je n'ai reçu que plusieurs mois après la publication de la Dissertation de M. Lereboullet.

» M. *Alessandrini* (2) décrit et figure dans les *Môles* un muscle abducteur (3) pour chaque paire de lames branchiales qui, en les rapprochant par la base, doit les écarter par leurs extrémités; puis une paire de muscles adducteurs qui s'élèvent obliquement en se croisant d'un bord interne et inférieur d'une lame, ou d'un cartilage accessoire qui se voit à cette place, au bord interne et supérieur de la lame correspondante (4).

» Ici ces muscles appartiendraient à un diaphragme spécial pour chaque

(1) M. Lereboullet, *Ouv. cit.*, p. 133 et 134.

(2) *Antonii Alessandrini : De piscium apparatu respirationis, cum specialime orthogorisci Academiæ tradita, die* 19 *novembris* 1835. *Bononiæ*, 1838.

(3) Tab. II, fig. 5, f. et tab. IV, m.

(4) Tab. II, fig. 5. g.g., et tab. IV, c.c.

paire de lames et non au diaphragme commun qui réunirait les paires de lames entre elles, lequel n'existe pas dans ce poisson (1).

» Le but de cette Note est de montrer :

» 1°. Que les petits muscles branchiaux au sujet desquels M. le docteur Bazin a adressé une lettre à l'Académie, dans sa dernière séance, ont été décrits dans la dissertation de M. *Lereboullet;*

» 2°. Qu'ils font partie d'une cloison fibreuse et musculeuse qui sépare, dans beaucoup de poissons, les deux séries de lames de chaque branchie, et que j'appelle *diaphragme branchial;*

» 3°. Que déjà, en 1804, j'avais reconnu et décrit cette cloison dans les Raies;

» 4°. Qu'elle existe plus ou moins étendue, dans beaucoup de poissons osseux, où elle est doublée de même de faisceaux musculeux plus ou moins distincts et apparents;

» 5°. Que lorsque le diaphragme branchial commun manque et laisse libres les paires de lames, celles-ci peuvent être réunies par un diaphragme partiel qui présente une organisation analogue, telle que M. Alessandrin l'a décrite dans les Môles; mais sans avoir précisé les rapports généraux ou les différences que je viens de signaler, et que je suis cependant heureux de trouver indiqués dans ce travail intéressant. »

RAPPORTS.

Rapport sur des recherches statistiques concernant la Corse; par M. Robiquet.

(Commissaires, MM. Costaz, Mathieu rapporteur.)

« M. Robiquet, frère de notre collègue, a profité du séjour qu'il a fait en Corse, comme ingénieur des Ponts-et-Chaussées, pour recueillir et étudier avec un grand soin tout ce qui se rattache aux crimes ou délits les plus contraires aux progrès de la civilisation, commis dans cette île pendant cinq ans, de 1832 à 1836. Il a puisé dans les rapports mensuels adressés à la préfecture d'Ajaccio par les autorités locales, les éléments dont se composent les douze tableaux qu'il a présentés à l'Académie au mois de juillet 1837 et qui offrent une statistique morale de la Corse pour cette période de cinq années.

(1) Voir p. 133 de la Dissertation citée de M. Lereboullet, les poissons dans lesquels les deux séries de lames sont complétement séparées ou manquent de diaphragme branchial commun.

» Dans les trois premiers, on voit que 338 individus ont été tués ou blessés mortellement, et que 488 ont reçu des blessures plus ou moins graves. Ces crimes, provoqués en très grande partie par des inimitiés, des intérêts agricoles, des rivalités de famille, ont été commis pendant cinq ans dans un pays dont la population est seulement de 200 mille ames.

» Les sept dixièmes des personnes tuées, et les quatre dixièmes des personnes blessées l'ont été avec des armes à feu, et principalement avec le fusil. Le conseil général du département croit que c'est à l'abus du port d'armes qu'on peut attribuer une partie des maux qui affligent la Corse.

» Dans le tableau de la distribution par mois des 338 personnes tuées, on voit que le trimestre d'hiver, décembre, janvier, février, est celui dans lequel il a été commis le plus d'homicides; c'est dans l'été et l'automne qu'il y en a eu le moins. L'auteur pense que cela vient de ce que la population agricole est alors occupée et plus disséminée que dans l'hiver et le printemps.

» Si des faits aussi déplorables avaient lieu dans la même proportion sur le continent français, le nombre des individus tués s'élèverait annuellement à 11 mille, et le nombre des individus blessés à 27 mille, ce qui serait énorme et vraiment effrayant.

» M. Robiquet ne s'est pas borné à une statistique aride des faits dont nous venons de parler; il a donné dans huit tableaux l'indication sommaire des divers crimes ou délits qu'il a discutés. Parmi les plus fréquents on remarque ceux qui sont commis à la suite de contestations relatives à des intérêts agricoles. Pour donner une idée complète du peu de sécurité qu'offre ce malheureux pays, l'auteur fait connaître les brigandages, les vols à main armée, et la protection que les coutumaces, les prévenus et les retardataires trouvent encore dans les villages et les bergeries de l'intérieur de l'île.

» M. Robiquet nous a fait remettre le mois dernier cinq nouveaux tableaux relatifs aux crimes qui ont été commis en France et en Corse pendant onze ans, de 1826 à 1836, et qui ont donné lieu à des jugements contradictoires.

» Il a trouvé que les crimes pour lesquels le nombre des accusés est proportionnellement beaucoup plus grand en Corse qu'en France, sont: la rébellion, le meurtre, l'assassinat, le détournement de mineurs, le vol avec violence contre les personnes, l'incendie d'objets autres que les édifices, le pillage et dégât de grains en bande et à force ouverte; et que

les crimes pour lesquels le nombre des accusés est proportionnellement beaucoup plus faible en Corse qu'en France, sont : l'empoisonnement, les coups et blessures envers un ascendant, l'attentat à la pudeur, le vol sur un chemin avec ou sans violence, le vol domestique.

» On compte en Corse beaucoup plus d'accusés de crimes contre les personnes que contre les propriétés. Le contraire a lieu en France; les crimes sont plus nombreux contre les propriétés que contre les personnes. On compte, eu égard à la population, presque autant de crimes contre les propriétés en Corse qu'en France; mais les crimes contre les personnes sont proportionnellement huit fois plus nombreux en Corse qu'en France.

» Pendant cinq années, de 1826 à 1830, les fonctions du jury étaient suspendues en Corse; alors il y avait pour les crimes contre les personnes 10 condamnés sur 15 accusés, et l'on était plus sévère qu'en France, où l'on comptait 10 condamnés sur 21 accusés : le contraire avait lieu pour les crimes contre les propriétés.

» Sous l'empire du jury en Corse, pendant les sept années suivantes, la sévérité a diminué pour les crimes contre les personnes et augmenté pour les crimes contre les propriétés.

» Nous ne pousserons pas plus loin l'analyse d'un travail qui renferme sur l'état moral et économique de la Corse des renseignements précieux pour l'administration.

» *Conclusions.* — Nous proposons à l'Académie de remercier M. Robiquet de l'importante communication qu'il lui a faite, et de l'encourager dans des recherches qu'il a dirigées avec autant de zèle que d'intelligence, et qui se rattachent à de si grands intérêts. Nous proposerions l'insertion du travail de M. Robiquet dans les *Mémoires des Savans étrangers*, si les documents dont il se compose n'étaient pas si considérables. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède par voie de scrutin à la nomination d'un membre pour la place vacante dans la section d'Astronomie.

Le nombre des votants est de 51.

Au premier tour de scrutin,

M. Liouville obtient . . . . 29 suffrages.
M. de Pontécoulant 18
M. Francœur 2

Il y a deux billets blancs.

M. Liouville, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est déclaré élu ; sa nomination sera soumise à l'approbation du Roi.

MÉMOIRES LUS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur les machines locomotives; par* M. Galy-Cazalat. — Première partie.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Coriolis et Séguier.)

« La complication du mécanisme dans les voitures à vapeur entraîne, dit M. Galy-Cazalat, des frais de réparation et des pertes de force, qui rendent ces voitures inapplicables aux routes communes, et ruineuses pour les compagnies de chemins de fer. La condition essentielle de la plus grande simplicité étant la transmission immédiate de la puissance à la résistance, les inventeurs ont été amenés naturellement à imaginer des machines rotatives dont l'axe soit le même que l'essieu des roues locomotives. Or, toutes les machines rotatives rentrent dans un des trois systèmes suivants :

» 1°. Machines dans lesquelles la vapeur agit par pression sur des ailes ou sur des pistons tournants;

» 2°. Machines par réaction, dans lesquelles la vapeur, entrant par un axe creux, s'échappe librement dans l'air par l'extrémité d'un canal spiral implanté perpendiculairement à cet axe;

» 3°. Machines par impulsion, dans lesquelles un courant de vapeur pure, ou de vapeur entraînant de l'air, pousse des ailes qui se présentent successivement à l'orifice du courant.

» Or, en se basant sur des principes certains, on démontre la légitimité des conclusions suivantes :

» 1°. Au moyen de machines rotatives par pression, on peut supprimer les bielles et les manivelles; mais leurs pistons compliqués, peu fidèles, et les tambours dans lesquels ces pistons devraient tourner hermétiquement,

introduisent dans les machines des causes de déchet bien plus grandes que celles résultant de l'emploi des manivelles;

» 2°. Les machines rotatives, dans lesquelles la vapeur agit par réaction ou par impulsion, dépensent toujours beaucoup plus de combustible que les machines ordinaires. Elles ne sauraient vaincre des résistances un peu grandes, à moins qu'on ne diminue considérablement leur vitesse en augmentant proportionnellement leur force. Mais l'échange de la vitesse en pression exige des engrenages qui rendent ces machines plus compliquées, plus dispendieuses et plus susceptibles de dérangements que les cylindres de Watt avec leur manivelle.

» Dans une prochaine séance, je ferai connaître une machine rotative de mon invention qui est exempte des inconvénients que je viens de signaler et dans laquelle la vapeur agit par pression, sans pistons, ni robinets, ni soupapes, ni engrenages. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur les phénomènes résultant de l'introduction de certains sels dans les voies de la circulation; par* M. **Blake.** — (Extrait.)

(Commissaires, MM. Magendie, Serres, Flourens.)

« Des solutions de plusieurs sels de potasse, de soude, d'ammoniaque, de baryte, de chaux, de magnésie, ont été, dit l'auteur, injectés dans les veines ou dans les artères, et les phénomènes consécutifs, étudiés dans la plupart des cas, à l'aide de l'hœmodynamomètre. Une différence frappante dans l'action physiologique de ces substances, les a fait distinguer en deux classes : l'une contenant des sels qui anéantissent l'irritabilité du cœur, aussitôt qu'un sang vicié par leur présence circule sur les parois de ce viscère; et l'autre renfermant des substances qui, sans diminuer l'irritabilité du cœur, amènent la mort en arrêtant le sang dans les poumons, par une influence qui paraît s'exercer sur le système capillaire de ces organes. Ces deux classes de substances, distinctes sous le point de vue de leur action physiologique, le sont aussi sous le rapport de la composition chimique.

» En effet, les sels à base de soude paraissent les seuls qui n'exercent aucune action sur l'irritabilité du cœur, tandis que les sels de toutes les autres bases, au moins tous ceux que nous avons essayés, arrêtent les contractions du cœur, lorsqu'ils sont introduits dans le sang en quantité notable.

» Si la présence des sels de soude dans le sang, poursuit l'auteur, ne fait pas cesser l'irritabilité du cœur, elle détermine d'autres perturbations qui doivent faire placer ces sels au rang des poisons le plus rapidement funestes. Si une solution d'une de ces substances est injectée dans la jugulaire d'un chien, l'arrivée du sang au cœur gauche est empêchée après six secondes environ, quoique les contractions de ce viscère ne laissent pas que de continuer. En même temps, le sang s'accumule dans le cœur droit et dans le système veineux, au point de produire sur les parois des veines une pression capable de faire équilibre à une colonne de mercure de deux pouces. La pression réagissant sur les parois des ventricules du cerveau comme sur toutes les autres parties du système veineux, doit produire sur l'encéphale un degré de compression bien suffisant pour rendre compte de la mort subite qui survient chez les animaux soumis à l'expérience trente à quarante secondes après l'injection du poison dans les veines.

» Après la mort, le cœur conserve encore sa contractilité; mais si puissant est l'obstacle qu'opposent les capillaires du poumon, au passage de ces substances à travers leur calibre, que quelquefois il a été impossible d'en trouver la plus légère trace dans le cœur gauche. Si la quantité du sel introduite dans la veine n'est pas assez considérable pour arrêter complétement le passage du sang à travers les poumons, leur action sur les capillaires reste encore démontrée par l'augmentation de la sécrétion bronchique dont la quantité est augmentée au point de faire périr l'animal d'asphyxie après avoir rempli les voies aériennes.

» Les phénomènes qui suivent l'injection d'un des sels de la seconde classe dans les veines, sont bien différents de ceux que nous avons décrits plus haut. La manière la plus probante d'étudier leur action, consiste à les injecter dans les veines d'un animal dont on a préalablement ouvert le thorax, et chez lequel on pratique la respiration artificielle; alors, de sept à dix secondes après l'injection, on voit cesser les mouvements du cœur, et l'irritabilité du viscère est si complétement détruite, que, pour peu que la dose du poison ait été considérable, l'application même des deux pôles de la pile, quelques secondes après la mort, est inhabile à reproduire les contractions du cœur. La mort ne survient pas avec autant de rapidité que lorsqu'on arrête la circulation pulmonaire, car on voit la sensibilité et la respiration continuer, de deux à trois minutes, après que les pulsations du cœur ont cessé. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur les muscles internes et sur l'appareil aquifère des branchies des poissons; par* M. A. BAZIN.

(Commission précédemment nommée.)

« En avançant, lundi dernier, que les muscles qui s'insèrent aux lamelles des branchies des poissons étaient restés jusque alors inconnus, je me suis trompé, et depuis la présentation de ma Note, M. Duvernoy m'a fait voir qu'il avait parlé avant moi de ces muscles. Cependant, je crois, jusqu'à plus ample information, avoir encore droit à une priorité, celle d'en avoir le premier indiqué la disposition et l'usage; disposition à laquelle j'ajouterai quelques mots seulement, en faisant connaître tout-à-l'heure un autre ordre de muscles et un appareil dont on a déjà parlé, mais qui me semble encore assez incomplétement connu.

» Voici, d'après ce que j'ai pu savoir, ce que l'on connaissait sur la structure des branchies.

» M. Lereboullet (thèse sur l'anatomie comparée de l'appareil respiratoire, en 1838), dit, en parlant *de la disposition générale des branchies*, p. 133 : « Ces deux séries de lames peuvent être entièrement séparées » l'une de l'autre (Trigla cuculus, Cottus groenlandicus, Muge, Baudroie, Espadon, Brochet, Hétérobranche, Murène, Lump, Lophobranches, Tétrodon) ou *unies entre elles*, dans une portion plus ou moins » grande de leur étendue, *par un tissu fibreux et musculeux*, *que* » M. Duvernoy *décrit comme un diaphragme branchial.* On peut avoir » une idée de la structure de ce diaphragme en l'examinant dans l'Esturgeon. Le tissu qui les réunit présente des stries transversales *qui paraissent être* de nature musculeuse; de plus, on trouve dans l'épaisseur » de ce diaphragme des faisceaux musculeux très apparents disposés parallèlement aux lames, et dont les tendons s'épanouissent dans le bord » libre de la membrane qui réunit ces lames. Ces muscles *servent à rapprocher* et à *écarter* les lames les unes des autres. »

» 1°. Il n'existe point de fibres musculaires transversales dans l'épaisseur, soit de la membrane qui, dans l'Esturgeon, réunit chaque couple de lames aux couples voisines, soit de celle qui réunit les lames d'une même couple. Ces fibres transversales sont en *tissu élastique.*

» 2°. Les faisceaux longitudinaux que nous avons comparés aux muscles lambricoïdes de la main, sont seulement adducteurs, et ne servent pas par conséquent à rapprocher le couple de lames entre elles. Au reste,

M. Duvernoy soupçonnait avec raison que la priorité de la découverte de l'existence de fibres musculaires dans les lames branchiales de poissons ne lui appartenait pas plus qu'à moi : c'est ce que prouve bien évidemment un Mémoire d'Alessandrini, que M. Duvernoy a eu la bonté de me prêter, mémoire lu, le 19 novembre 1835, à l'Académie de Bologne, et publié en 1838. Et nous apprenons enfin, par Alessandrini, que Walbaum en avait déjà parlé en 1788. « Walbaum, in suis emendationibus historiæ » ichtyologicæ Artedi, de branchiis tractans, hosce musculos attigisse vi- » detur, ubi ait : folia barbæ gemella in pagina aversa versus basin ope » fibrarum muscularium combinata, ad limbum duplicem externum arcus » periosteo adfirmantur. » (*Philosoph. ichtiol.*, t. II, pag. 42.)

» Outre les muscles dont j'ai déjà parlé, il existe sur la face externe de chaque arc branchial une couche de fibres musculaires qui s'insèrent au corps de l'arc branchial et à de petits cartilages à chacun desquels s'insèrent ou s'articulent deux couples de lamelles branchiales. Par leur contraction ces muscles dressent les lamelles et dilatent les conduits hydrophores découverts par Alessandrini. Ce sont donc des muscles inspirateurs.

» Nous ne croyons pas que l'auteur italien ait eu connaissance de l'organe au moyen duquel l'eau est introduite dans ces canaux hydrophores ou aquifères. Nous pensons l'avoir trouvé dans l'Esturgeon et la Carpe. Cet organe ressemble assez bien aux stigmates des trachées des insectes. Nous demanderons la permission de revenir sur cet intéressant appareil quand nous l'aurons plus complétement étudié. »

ANATOMIE. — *Recherches sur la structure intime du poumon de l'homme et des animaux vertébrés, suivies de considérations sur les fonctions et la pathologie de cet organe; par* M. **Bazin**. (Ire partie.)

(Commissaires, MM. Duméril, de Blainville, Serres, Flourens.)

« Dans cette première partie de son travail, l'auteur fait l'histoire des opinions qui ont été émises à différentes époques concernant la structure des poumons. Il divise cette histoire en trois périodes : la première depuis les anciens jusqu'à Malpighi; la seconde depuis cet auteur jusqu'à Reisseissen; la troisième depuis ce dernier jusqu'à nos jours.

» Dans l'histoire de la première de ces trois périodes, M. Bazin donne la traduction d'un fragment d'Empédocle d'Agrigente, qui prouve que cet auteur avait bien observé quelques effets de la pression atmosphérique, quoiqu'il en fît une fausse application à la théorie de la respiration.

Après avoir décrit le mouvement du sang dans les canaux, dont les orifices permettent une libre entrée à l'air, mais ne permettent pas au sang de sortir, il compare les mouvements d'inspiration et d'expiration à ce qui se passe dans une clepsydre.

« Ainsi, dit-il, quand une jeune fille jouant avec une clepsydre d'airain, met sa jolie main sur l'orifice du tube, et plonge ensuite la clepsydre dans la substance de l'eau argentée, l'eau n'y entre pas, parce » que l'air qu'elle contient résiste à l'eau, en pressant sur les nombreuses » petites ouvertures de la base de l'instrument, jusqu'à ce qu'elle (la jeune » fille) ait découvert l'orifice du tube étroit; alors l'air étant sorti, l'eau pure » le remplace. Si maintenant que l'eau occupe déjà la partie inférieure du » vase, l'enfant replace sa main sur l'ouverture du tube, l'air extérieur, » impatient d'entrer, comprime l'eau, en occupant les ouvertures extérieures, jusqu'à ce que la main qui bouche celle d'en haut l'ait laissée » libre. Alors on observe le contraire de ce qui s'était passé auparavant; » l'air entrant avec impétuosité, l'eau cède. De même, quand le sang léger » qui va parcourir le corps, s'est élancé par un mouvement rétrograde » vers l'intérieur du corps, une onde aérienne le suit avec rapidité; mais » sitôt que le sang revient en haut, l'air est de nouveau expiré. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Communication de* M. C. DESPRETZ, *sur la conductibilité des liquides.*

(Commission déjà nommée pour une autre communication.)

« J'ai eu l'honneur de faire une nouvelle communication sur la conductibilité des liquides à l'Académie, dans sa dernière séance.

» Depuis, je me suis attaché à la comparaison de mes dernières expériences avec les premières. Je suis parvenu à des résultats qui ne me semblent pas sans importance, et auxquels chacune d'elles n'aurait pu conduire séparément.

» Dans mon premier travail (*Compte rendu, 2e semestre* 1838, p. 933), j'ai obtenu, pour les excès des températures d'une suite de thermomètres équidistants, une progression géométrique, ainsi que dans une barre métallique assez longue pour être considérée comme infinie; j'en ai conclu que dans une colonne liquide chauffée à la partie supérieure, la chaleur se

propage suivant la même loi que dans un corps solide. Dans le second travail (*Compte rendu*, 1er semestre 1839, p. 838), j'ai trouvé que la température décroît de l'axe à la surface, et de la surface à la paroi. Ces nouvelles expériences avaient été faites pour lever les objections que plusieurs physiciens éminents avaient puisées dans l'action présumée des parois.

» Il doit nécessairement exister des relations plus ou moins simples entre les diamètres des cylindres et les excès consécutifs de température. Il aurait peut-être été difficile de trouver ces relations dans la comparaison des nombres, même par de nombreux tâtonnements. Heureusement la *Théorie mathématique de la chaleur* les donne pour des barres métalliques. On trouve, dans l'ouvrage de M. Poisson, n° 123, une équation équivalente à

$$\frac{\log q}{\log q'} = \frac{\sqrt{D'}}{\sqrt{D}},$$

q et q' étant les coefficients constants des progressions géométriques, et D et D' les diamètres des cylindres substitués aux côtés des barres. Dans la première expérience, $D = 218$ millimètres, et $q = 1,609$; dans la seconde, $D' = 405$ millimètres et $q' = 1,422$. Si l'on met ces nombres dans la formule, on trouvera

$$\frac{\log q}{\log q'} = 1,35 \text{ et } \frac{\sqrt{D'}}{\sqrt{D}} = 1,36.$$

» La différence d'une unité dans le troisième chiffre, est aussi petite que celles que donnent les expériences de physique les plus précises. On peut donc considérer la loi comme rigoureuse.

» Voilà une nouvelle preuve à l'appui de nos expériences, puisque les résultats qu'elles fournissent satisfont à des lois mathématiques certaines, et établies pour les corps solides.

» Ce qui semble encore devoir ajouter quelque importance à cette communication, c'est que jamais on n'a eu l'occasion de soumettre ces lois mathématiques à une vérification expérimentale. Les barres métalliques employées dans les expériences avaient des dimensions trop petites. Il y a sans doute d'autres analogies, telles que celles qui sont relatives à la durée de la propagation. Je les examinerai plus tard.

» La connaissance des lois de la propagation de la chaleur dans les liquides, permettra, sans doute, de calculer à quelle profondeur la chaleur solaire pénètre, pendant un temps donné, dans les grands lacs et dans les mers isolées. »

M. **Menotti** soumet au jugement de l'Académie, un nouveau *procédé pour rendre imperméables à l'eau des étoffes de toute espèce.* « Ce procédé a, dit-il, sur ceux qu'on a employés jusqu'à présent dans le même but, l'avantage de pouvoir s'appliquer aux vêtements déjà fabriqués, d'être très simple et très peu coûteux. Il suffit en effet de tremper l'étoffe dans la solution d'un savon de composition particulière, de la tordre légèrement lorsqu'elle a été bien imbibée, et de la faire sécher horizontalement au grand air; au bout de vingt-quatre heures elle est déjà imperméable à la pluie, sans cesser pour cela d'être perméable à l'air. »

A la note de M. Menotti, sont joints divers échantillons d'étoffes préparées par son procédé.

(Commissaires, MM. d'Arcet, Dumas, Robiquet.)

M. **Bonnaud** adresse de nouveaux documents relatifs à la question des *eaux qui doivent être conduites à Lyon;* l'analyse des trois sources qu'on se propose de réunir à celle de Royes a été faite par M. Dupasquier, professeur de chimie à l'Ecole de médecine de Lyon et à l'Ecole industrielle de la Martinière.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **Roessinger** adresse un quatrième et un cinquième Mémoire sur *l'électricité.*

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **Laffore**, qui avait présenté, à la séance du 20 mai, une Notice sur un instrument destiné à suppléer aux diverses machines inventées jusqu'à ce jour pour la réduction des dessins, demande que l'Académie charge une Commission de faire un rapport sur cet instrument.

(Commissaires, MM. Puissant, Savary.)

CORRESPONDANCE.

M. **Chasles**, récemment nommé à une place de Correspondant pour la section de Géométrie, adresse à l'Académie ses remercîments.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Fait physiologique relatif aux racines des nerf rachidiens; par* M. A. **Longet.**

« Il y a environ trois semaines, j'eus l'occasion de constater, au Collége de France, un fait physiologique auquel j'attache quelque intérêt à cause

des conséquences que je crois pouvoir en déduire, de la nouvelle voie qu'il ouvre aux expériences sur le système nerveux, et parce qu'enfin il confirme la division des nerfs en ceux du mouvement et en ceux de la sensibilité.

» Frappé dès long-temps de cette vérité que le nerf facial n'est sensible qu'à cause de l'influence exercée sur lui par le nerf trijumeau, je conçus l'idée que, *malgré des connexions anatomiques différentes*, la racine postérieure d'une paire rachidienne pourrait bien avoir, sur l'antérieure, une influence analogue : en d'autres termes, sachant que toutes deux, dans leur intégrité, sont sensibles quoiqu'à des degrés différents (ce qui m'explique l'opinion erronée de ceux qui leur assignent des propriétés et des fonctions identiques), je pensai que la racine antérieure emprunte sa propriété de sentir, non à ses relations avec le faisceau antérolatéral de la moelle, mais à celles que cette racine entretient, au niveau du ganglion spinal, avec la racine postérieure correspondante. Cette conjecture fut érigée en certitude par l'expérience; en effet, sur un chien auquel, pour le cours de M. Magendie, avait été pratiquée, d'un côté, la section de toutes les racines postérieures lombaires seulement, je stimulai, en présence de ce professeur, les racines antérieures correspondantes sans déterminer aucune douleur, tandis que du côté opposé, m'adressant à une paire rachidienne intacte et excitant sa racine antérieure, j'arrachai un cri à l'animal. Depuis, j'ai tenté sur des lapins des expériences galvaniques qui ont pleinement confirmé ce résultat que M. Magendie lui-même a vérifié en variant les expériences. Ce résultat pourra ne pas paraître nouveau à l'Académie, puisque cet habile physiologiste qui, j'en suis sûr, ne m'en contestera pas la priorité, a pris soin de le lui communiquer dans sa séance du 20 mai; mais je tenais à exposer les faits avec une entière exactitude et à informer l'Académie qu'en ce moment je cherche à déterminer, par la voie expérimentale, les conséquences d'un fait qui est mien. »

« M. **Magendie** prend la parole et dit qu'il serait très heureux que M. Longet eût en effet trouvé le fait dont il parle; cela prouverait que ce jeune et habile anatomiste a le goût des recherches expérimentales, trop peu répandu aujourd'hui. Mais l'expérience dont parle M. Longet et qu'il a faite sous les yeux de M. Magendie dans le laboratoire du Collége de France, n'est que la confirmation de l'expérience qui détermine que les racines antérieures sont nerfs moteurs, tandis que les postérieures sont nerfs sensitifs. M. Longet a pincé les unes et les a trouvées sensibles, il a pincé les autres et les a trouvées insensibles; c'est justement ce que l'on savait, puisque la

section des racines postérieures détruit d'une manière absolue toute sensibilité dans les nerfs et les parties où ils se distribuent.

» L'expérience qu'a faite M. Magendie, consiste, non à pincer les racines antérieures, mais à les couper par le milieu et à constater que le bout externe est sensible tandis que le bout qui tient à la moelle ne l'est pas. Au reste, dit M. Magendie, les fonctions du système nerveux sont encore si peu connues, que si M. Longet veut se livrer à des recherches expérimentales, nul doute qu'il n'arrive à découvrir réellement des faits importants. »

OPTIQUE. — *Note sur l'irradiation; par* M. J. PLATEAU (1).

« Dans la séance du 6 mai dernier, M. Arago a bien voulu entretenir l'Académie de mon Mémoire sur l'irradiation, et a présenté en même temps quelques observations sur la partie théorique de ce travail. M. Arago pense qu'on ne peut conserver l'explication physiologique que j'ai cherché à confirmer, et avance une nouvelle théorie d'après laquelle l'irradiation serait le résultat de l'aberration chromatique de l'œil. Les considérations énoncées par M. Arago n'ayant pas été imprimées, je n'ai pu les connaître d'une manière complète, et j'ignore si elles tendent à réfuter les arguments que j'ai apportés en faveur de la théorie physiologique. Je ne rappellerai donc pas ici ces arguments, et je me bornerai à examiner la nouvelle hypothèse présentée par M. Arago.

» Les physiciens reconnaissent, il est vrai, aujourd'hui, que l'œil n'est pas un instrument parfaitement achromatique, et il suit nécessairement de ce non-achromatisme, que les images des objets sont entourées, sur la rétine, d'une petite bande d'aberration qui doit augmenter quelque peu les dimensions apparentes des objets lumineux projetés sur un fond obscur, et diminuer celles des objets obscurs projetés sur un fond lumineux. Mais cet effet peut-il être sensible dans les circonstances ordinaires,

---

(1) En présentant dernièrement à l'Académie le Mémoire de M. Plateau, j'avais regardé comme probable que les phénomènes d'irradiation signalés par cet ingénieux physicien, étaient les effets des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité de l'œil, combinés avec l'indistinction de la vision, conséquence nécessaire des circonstances dans lesquelles M. Plateau et ses collaborateurs s'étaient placés en observant. Je développerai mes arguments dans un Mémoire sur les diamètres des planètes, qui pourra être publié prochainement. J'ai demandé, en attendant, à l'Académie, la permission d'insérer dans le *Compte rendu*, les objections que M. Plateau oppose à un point de ma théorie.

(A.)

et la petite bande d'aberration a-t-elle assez de largeur pour que l'on puisse la distinguer et lui attribuer le phénomène connu de l'irradiation? Telle est la question que je crois pouvoir résoudre.

» Je ferai d'abord remarquer qu'en vertu de la cause même qui la produit, la petite bande que l'aberration chromatique de l'œil dessine autour des images, ne peut être exempte de couleurs. Par conséquent, si l'irradiation manifestée par un objet blanc sur un fond noir était due à cette cause, il semble que l'objet devrait paraître coloré sur les bords. Or, parmi tous les observateurs qui se sont occupés de l'irradiation oculaire, aucun ne fait la moindre mention d'apparences colorées, et dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur l'irradiation dans une foule de circonstances diverses, je n'ai jamais aperçu rien de semblable. Cette absence de couleurs visibles pourrait difficilement être attribuée au peu de largeur angulaire de l'irradiation : les personnes chez lesquelles le phénomène a beaucoup de développement, se convaincront aisément, en répétant quelques-unes de mes expériences, ou en observant l'apparence si connue du croissant, que la bande d'irradiation est d'une largeur bien suffisante pour laisser voir ses couleurs si elle en avait?

» En second lieu, je ne vois pas comment il serait possible d'expliquer par l'aberration de réfrangibilité, cette loi singulière à laquelle est soumise l'irradiation, savoir : que lorsque deux objets d'un éclat égal ne sont séparés que par un petit intervalle, chacun d'entre eux diminue l'irradiation de l'autre dans les parties en regard, et cela d'autant plus fortement, que les deux objets sont plus voisins, de sorte qu'enfin lorsqu'ils se touchent, l'irradiation est nulle pour chacun d'entre eux au point de contact. Comment admettre une action exercée par une image lumineuse sur l'aberration produite autour d'une autre image.

» Mais on peut aisément décider, par des expériences directes, si l'irradiation oculaire est, ou non, due à l'aberration chromatique. Il suffit en effet d'essayer si l'irradiation se produit encore lorsque l'objet est éclairé par une lumière homogène. Si, dans ce cas, on n'aperçoit plus d'irradiation, on sera en droit d'admettre comme vraie l'hypothèse qui attribue le phénomène à l'aberration chromatique de l'œil; mais si, au contraire, l'irradiation se montre encore, et au même degré qu'avec une lumière composée égale en éclat à la lumière homogène employée, il deviendra impossible de chercher dans l'aberration dont il s'agit, la cause du phénomène. Or, j'ai exécuté ces expériences par le procédé que je vais indiquer.

» La lumière homogène dont j'ai fait usage est celle que donne, comme on sait, la flamme d'un mélange d'alcool, d'eau et de sel. J'ai imbibé de ce mélange un paquet de mèche de coton, que j'ai placé derrière une glace dépolie disposée verticalement. Le mélange allumé dans l'obscurité, me donnait une flamme volumineuse, et la glace dépolie observée de l'autre côté, formait un champ lumineux d'un éclat suffisant. Pour rendre la lumière plus homogène encore, j'ai interposé entre la flamme et la glace dépolie un verre jaune d'une couleur intense. Tout étant ainsi préparé, j'ai placé successivement devant la glace dépolie l'appareil à jour décrit dans le § 28 de mon Mémoire, et celui qui m'a servi pour mes expériences de mesure, après avoir amené, dans ce dernier, le bord vertical de la plaque mobile dans le prolongement de celui de la plaque fixe. Ces appareils se trouvaient ainsi projetés sur un champ d'un éclat assez considérable, et d'une lumière tellement rapprochée de l'homogénéité, qu'en les observant par réfraction à travers un prisme placé verticalement à 5 mètres de distance, leur image, non-seulement conservait une parfaite netteté, mais ne présentait latéralement qu'une nuance verdâtre si légère, qu'il fallait beaucoup d'attention pour l'apercevoir. Je ne dois pas oublier de dire que, pour donner aux yeux plus de sensibilité, les expériences n'ont pas été faites le jour dans une chambre obscure, mais la nuit.

» Or, dans les circonstances que je viens de décrire et qui devaient nécessairement exclure les effets qui auraient pu dépendre de l'aberration de réfrangibilité, les appareils ci-dessus m'ont fait voir une irradiation très développée. Le même résultat s'est montré à MM. Burggraeve et Le François, deux des personnes qui m'avaient aidé dans les expériences de mesure rapportées dans mon Mémoire, et qui sont, par conséquent habituées à juger des phénomènes d'irradiation. Pour comparer ensuite les effets produits à ceux que ferait naître une lumière composée, et d'un éclat semblable, j'ai placé à côté de la glace dépolie ci-dessus, une autre glace pareille, derrière laquelle j'ai allumé plusieurs bougies disposés de manière à l'éclairer d'une lumière uniforme, et j'ai éloigné ou rapproché ces bougies jusqu'à ce que l'éclat de cette seconde glace parût égal à celui de la première. Un écran opaque séparait d'ailleurs les bougies de la flamme d'alcool, de manière que chacune des glaces ne recevait qu'une seule des deux lumières. J'avais ainsi deux champs lumineux d'un même éclat, mais dont l'un était éclairé par une lumière jaune homogène, et l'autre par une lumière qui, sans être blanche comme celle du jour, est cependant évidemment assez composée pour le cas dont il s'agit. J'ai

placé alors devant ces deux champs lumineux, des appareils d'irradiation identiques entre eux, de manière qu'en les observant simultanément, il était aisé de voir si les irradiations développées par les deux lumières différaient sensiblement entre elles. Or cette comparaison, faite par les deux personnes dont j'ai parlé plus haut et par moi, ne nous a montré aucune différence appréciable : les deux appareils manifestaient une irradiation prononcée, mais celle qui provenait de la lumière composée, n'avait ni plus ni moins d'étendue que celle que faisait naître la lumière homogène.

» Ces faits conduisent donc, me semble-t-il, à ces conclusions nécessaires, que s'il faut admettre l'existence de l'aberration de réfrangibilité dans l'œil, on doit attribuer l'irradiation à une autre cause, et que l'effet de l'aberration doit être considéré comme entièrement masqué, dans les circonstances ordinaires, par la bande d'irradiation. »

Moyen de désaler l'eau de mer. — M. E. **Miller** adresse une Note historique sur les moyens de désaler l'eau de mer. Il cite *Pline*, *Alexandre d'Aphrodisée*, *Olympiodore*, à l'appui de l'opinion que l'eau de mer qui traverse les parois d'une boule de cire, arrive au centre parfaitement douce. Les mêmes *Alexandre d'Aphrodisée* et *Olympiodore*, parlent de la distillation comme d'un moyen déjà en usage de leur temps pour se procurer de l'eau douce. « Lorsque les navigateurs, dit *Olympiodore*, manquent » d'eau douce sur mer, ils font bouillir de l'eau de mer dans des vases » d'airain, au-dessus desquels ils suspendent de grandes éponges destinées » à recevoir toute l'évaporation. L'eau qu'ils expriment ensuite de ces » éponges est douce et n'a aucun goût de fumée. » *Alexandre d'Aphrodisée* rapporte, lui, qu'au-dessus des chaudières « on plaçait des vases fermés » qui recevaient toute l'évaporation et qui fournissaient une eau bonne à » boire. » Il résulte d'un dernier document, cité par M. *Miller*, que la garnison du *fort des Gerbes*, assiégée en 1560, se servit de la distillation de l'eau de mer pour se procurer de l'eau potable.

M. **Ed. Combes**, près de retourner en *Abyssinie*, se met à la disposition de l'Académie pour les recherches et observations qu'elle jugerait utile de faire dans ce pays.

(Renvoi à la Commission chargée de rédiger des instructions pour le voyage de MM. Lefebvre et Dabbadie.)

M. **Warden** met sous les yeux de l'Académie un journal de Boston où

se trouvent quelques-uns des résultats déjà obtenus par l'expédition que le gouvernement des États-Unis a chargée de l'exploration des mers australes.

L'Académie accepte le dépôt de trois paquets cachetés portant les suscriptions suivantes :

Note sur l'*interprétation des équations imaginaires ;* par M. Vallès.

Sur la *conservation indéfinie des substances alimentaires ;* par M. Gannal.

Mémoire sur les *effets de la chaleur;* par M. Frimot.

La séance est levée à cinq heures. A.

Erratum. (Séance du 3 mai.)

Dans le *Compte rendu* de cette séance on a omis d'annoncer l'acceptation d'un paquet cacheté adressé par M. Rossin, ingénieur de la marine, et portant pour suscription : *Nouveau système de machines à vapeur.*

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 21, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. Gay-Lussac et Arago; fév. 1839, in-8°.

Note sur la distillation des schistes bitumineux; par M. Rivière; 1839, in-8°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée, sous la direction de M. Anatole Demidoff; 9e liv. in-8°.

De l'équation du Temps (*9e lettre cosmologique*); in-4°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; nos 17 et 18, in-4°.

Annuaire de l'Académie royale de Médecine, pour 1839, in-12.

Recueil de la Société Polytechnique; avril 1839, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie; n° 5, juin 1839, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables aux industriels; par M. Chevalier; juin 1839, in-8°.

Mémoire sur l'Irradiation; par M. Plateau; Bruxelles; in-4°.

Académie royale de Bruxelles. — Bulletin n° 11, de 1838, et n° 4, de 1839.

Description des Eaux minéro-thermales et des Étuves de l'île d'Ischia; par M. de Rivaz; Naples, 1837, in-8°.

Proceedings... *Procès-verbaux de la Société royale d'Irlande;* n° 16, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 22.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 63—65, in-fol.

Gazette des Médecins praticiens; n° 15.

Hygie, gazette de Santé (5 mai 1839).

L'Expérience, journal; n° 100.

L'Esculape, journal des spécialités médico-chirurgicales; 1re année, n° 1er.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUIN 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Suite du Mémoire sur l'intégration des équations linéaires ; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ IV. *Intégration d'un système d'équations linéaires, aux différences partielles, et à coefficients constants, d'un ordre quelconque, le second membre de chaque équation pouvant être ou zéro, ou une fonction des variables indépendantes.*

« Soit donné un système d'équations aux différences partielles entre plusieurs variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

et plusieurs variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ldots\ t,$$

que, pour fixer les idées, nous réduirons à quatre, les trois premières x, y, z pouvant représenter trois coordonnées, et la quatrième t désignant le temps. Supposons d'ailleurs que les premiers membres de ces équations soient des fonctions linéaires, à coefficients constants, des variables principales et de leurs dérivées, l'ordre des dérivées relatives à t pouvant s'élever jusqu'au nombre n' pour la variable principale ξ, jusqu'au

nombre n'' pour la variable principale η, jusqu'au nombre n''' pour la variable principale ζ... Faisons, pour abréger,

$$(1)\qquad n = n' + n'' + n''' + \ldots..$$

Enfin nommons

$$\begin{array}{lll} \varphi(x, y, z), & \chi(x, y, z), & \psi(x, y, z), \ldots \\ \varphi_1(x, y, z), & \chi_1(x, y, z), & \psi_1(x, y, z), \ldots \\ \text{etc...} & & \\ \varphi_{(n'-1)}(x, y, z), & \chi_{(n''-1)}(x, y, z), & \psi_{(n'''-1)}(x, y, z), \ldots \end{array}$$

les valeurs initiales des variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

et de leurs dérivées d'ordres inférieurs à l'un des nombres

$$n', n'', n''', \ldots;$$

en sorte que ces variables soient assujéties à vérifier, quel que soit t, les équations données aux différences partielles, et pour $t = 0$, les conditions

$$(2)\left\{\begin{array}{l} \xi = \varphi(x, y, z), \quad \eta = \chi(x, y, z), \quad \zeta = \psi(x, y, z), \ldots \\ D_t\xi = \varphi_1(x, y, z), \quad D_t\eta = \chi_1(x, y, z), \quad D_t\zeta = \psi_1(x, y, z), \ldots \\ \text{etc...} \\ D_t^{n'-1}\xi = \varphi_{n'-1}(x, y, z), D_t^{n''-1}\eta = \chi_{n''-1}(x, y, z), D_t^{n'''-1}\zeta = \psi_{n'''-1}(x, y, z) \ldots \end{array}\right.$$

Pour ramener l'intégration des équations proposées à l'intégration d'un système d'équations linéaires et à coefficients constants, il suffira de recourir à la formule connue

$$(3)\qquad \varpi(x) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{u(x-\lambda)\sqrt{-1}}\, \varpi(\lambda)\, \frac{d\lambda\, du}{2\pi},$$

de laquelle on tire, en remplaçant successivement $\varpi(x)$ par $\varpi(x, y)$ et par $\varpi(x, y, z)$

$$\varpi(x, y) = \iiiint e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)]\sqrt{-1}}\, \varpi(\lambda, \mu)\, \frac{d\lambda\, du}{2\pi}\, \frac{d\mu\, dv}{2\pi},$$

$$(4)\ \varpi(x, y, z) = \iiiiiint e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)]\sqrt{-1}}\, \varpi(\lambda, \mu, \nu)\, \frac{d\lambda\, du}{2\pi}\, \frac{d\mu\, dv}{2\pi}\, \frac{d\nu\, dw}{2\pi};$$

puis en écrivant $\varpi(x, y, z, t)$ au lieu de $\varpi(x, y, z)$,

$$(5)\ \varpi(x, y, z, t) = \iiiiiint e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)]\sqrt{-1}}\, \varpi(\lambda, \mu, \nu, t)\, \frac{d\lambda\, du}{2\pi}\, \frac{d\mu\, dv}{2\pi}\, \frac{d\nu\, dw}{2\pi},$$

les intégrations étant effectuées entre les limites

$$-\infty, +\infty$$

de chacune des variables auxiliaires

$$\lambda,\ \mu,\ \nu,\ \ \text{u},\ \text{v},\ \text{w}.$$

En effet, chacune des équations données sera de la forme

$$\text{(6)} \qquad \text{R} = \varpi(x, y, z, t),$$

R désignant une fonction linéaire, et à coefficients constants, des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et de leurs dérivées prises par rapport à une ou plusieurs des variables indépendantes. D'autre part, en désignant par

$$f,\ g,\ h,$$

des nombres entiers quelconques, et posant, pour abréger,

$$\text{(7)} \qquad u = \text{u}\sqrt{-1}, \quad v = \text{v}\sqrt{-1}, \quad w = \text{w}\sqrt{-1},$$

on tirera généralement de la formule (4)

$$\text{(8)} \qquad \text{D}_x^f \text{D}_y^g \text{D}_z^h\, \varpi(x, y, z) =$$
$$\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)}\, u^f v^g w^h\, \varpi(\lambda, \mu, \nu)\, \frac{d\lambda\, d\text{u}}{2\pi}\, \frac{d\mu\, d\text{v}}{2\pi}\, \frac{d\nu\, d\text{w}}{2\pi}.$$

Cela posé, si l'on nomme

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ \ldots$$

ce que deviennent les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \ldots$$

considérées comme fonctions de x, y, z, t, quand on y remplace

$$x,\ y,\ z,$$

par

$$\lambda,\ \mu,\ \nu;$$

si, de plus, après avoir exprimé R à l'aide des caractéristiques

$$\text{D}_x,\ \text{D}_y,\ \text{D}_z,\ \text{D}_t,$$

on appelle $\mathfrak{R}$ ce que devient R, quand on remplace

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \ldots \text{ par } \bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ \ldots$$

et les puissances entières des caractéristiques

$$\text{D}_x,\ \text{D}_y,\ \text{D}_z,$$

par les puissances semblables des facteurs

$$u,\ v,\ w,$$

on aura évidemment

$$(9)\qquad \mathrm{R} = \int\int\int\int\int\int e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)}\,\mathcal{R}\,\frac{d\lambda du}{2\pi}\,\frac{d\mu dv}{2\pi}\,\frac{d\nu dw}{2\pi};$$

et par suite l'équation (6) pourra être présentée sous la forme

$$(10)\qquad \int\int\int\int\int\int [\mathcal{R} - \varpi(\lambda,\mu,\nu,t)]\, e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)}\,\frac{d\lambda du}{2\pi}\,\frac{d\mu dv}{2\pi}\,\frac{d\nu dw}{2\pi} = 0.$$

Or, pour que la formule (10) soit vérifiée, il suffira que l'on ait $\mathcal{R} - \varpi(\lambda, \mu, \nu, t) = 0$, ou, ce qui revient au même,

$$(11)\qquad \mathcal{R} = \varpi(\lambda, \mu, \nu, t),$$

et cette dernière formule n'est autre chose qu'une équation différentielle linéaire à coefficients constants entre les inconnues

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ldots$$

considérées comme variables principales, et t considéré comme variable indépendante. Ce n'est pas tout : pour que les conditions (2) soient vérifiées, il suffira, en vertu de la formule (4), que l'on ait pour $t = 0$,

$$(12)\quad \left\{\begin{array}{l} \bar{\xi} = \varphi(\lambda, \mu, \nu), \quad \bar{\eta} = \chi(\lambda, \mu, \nu), \quad \bar{\zeta} = \psi(\lambda, \mu, \nu), \ldots \\ D_t\bar{\xi} = \varphi_1(\lambda, \mu, \nu), \quad D_t\bar{\eta} = \chi_1(\lambda, \mu, \nu), \quad D_t\bar{\zeta} = \psi_1(\lambda, \mu, \nu), \ldots \\ \text{etc.}\ldots \\ D_t^{n'-1}\bar{\xi} = \varphi_{n'-1}(\lambda,\mu,\nu),\ D_t^{n''-1}\bar{\eta} = \chi_{n''-1}(\lambda,\mu,\nu),\ D_t^{n'''-1}\bar{\zeta} = \psi_{n'''-1}(\lambda,\mu,\nu)\ldots \end{array}\right.$$

Donc en définitive, pour que les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

possèdent la double propriété de vérifier, quel que soit t, les équations données, et, pour $t = 0$, les conditions (2), il suffira que les variables principales auxiliaires

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta};\ldots$$

possèdent la double propriété de vérifier, quel que soit t, un système d'équations différentielles semblables à la formule (11), et, pour $t = 0$, les conditions (12). On pourra donc énoncer la proposition suivante.

» Ier *Théorème*. Les variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots$$

assujéties 1° à vérifier, quel que soit t, un système d'équations linéaires, aux différences partielles, et à coefficients constants, ces équations pou-

vant offrir pour seconds membres ou zéro, ou des fonctions connues des variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t;$$

2° à vérifier pour $t=0$, les conditions (2), seront, dans tous les cas, immédiatement déterminées par les formules

$$(13)\quad \left\{\begin{aligned} \xi &= \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)]\sqrt{-1}}\,\bar{\xi}\,\frac{d\lambda d\mathrm{u}}{2\pi}\,\frac{d\mu d\mathrm{v}}{2\pi}\,\frac{d\nu d\mathrm{w}}{2\pi},\\ \eta &= \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)]\sqrt{-1}}\,\bar{\eta}\,\frac{d\lambda d\mathrm{u}}{2\pi}\,\frac{d\mu d\mathrm{v}}{2\pi}\,\frac{d\nu d\mathrm{w}}{2\pi},\\ \zeta &= \int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)+\mathrm{w}(z-\nu)]\sqrt{-1}}\,\bar{\zeta}\,\frac{d\lambda d\mathrm{u}}{2\pi}\,\frac{d\mu d\mathrm{v}}{2\pi}\,\frac{d\nu d\mathrm{w}}{2\pi},\\ &\text{etc.}\end{aligned}\right.$$

pourvu que l'on effectue les intégrations entre les limites

$$-\infty,\ \infty,$$

de chacune des variables auxiliaires

$$\lambda,\ \mu,\ \nu,\ \mathrm{u},\ \mathrm{v},\ \mathrm{w};$$

et que l'on désigne par

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ldots$$

de nouvelles variables principales assujéties, 1° à vérifier, quel que soit t, certaines équations différentielles, qui seront nommées les *équations auxiliaires*, 2° à vérifier pour $t=0$, les conditions (12). D'ailleurs, pour obtenir les équations différentielles auxiliaires, il suffira d'exprimer les dérivées de ξ, η, ζ,... que renferment les premiers membres des équations linéaires données, à l'aide des caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t;$$

puis de remplacer dans ces premiers membres

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ldots \quad \text{par} \quad \bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ldots$$

et

$$D_x,\ D_y,\ D_z,$$

par

$$u,\ v,\ w;$$

ou, ce qui revient au même, par

$$\mathrm{u}\sqrt{-1},\ \mathrm{v}\sqrt{-1},\ \mathrm{w}\sqrt{-1},$$

enfin de remplacer dans les seconds membres

$$x,\ y,\ z \quad \text{par} \quad \lambda,\ \mu,\ \nu.$$

» Considérons en particulier le cas où, dans les équations linéaires données, les dérivées de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ relatives à t, se réduiraient aux dérivées du premier ordre

$$D_t\xi, \; D_t\eta, \; D_t\zeta, \ldots$$

et se trouveraient simplement multipliées par des coefficients constants, indépendants de

$$D_x, \; D_y, \; D_z.$$

Alors les conditions (2), qui devront être vérifiées pour $t = 0$, se réduiront à

$$\xi = \varphi(x, y, z), \quad \eta = \chi(x, y, z), \quad \zeta = \psi(x, y, z), \ldots$$

et les équations auxiliaires seront des équations différentielles du premier ordre, linéaires et à coefficients constants, auxquelles devront satisfaire les nouvelles variables principales

$$\bar{\xi}, \; \bar{\eta}, \; \bar{\zeta}, \ldots$$

assujéties en outre à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

$$\bar{\xi} = \varphi(\lambda, \mu, \nu), \quad \bar{\eta} = \chi(\lambda, \mu, \nu), \quad \bar{\zeta} = \psi(\lambda, \mu, \nu) \ldots$$

Or, si l'on suppose d'abord que les seconds membres des équations linéaires données s'évanouissent, on pourra en dire autant des seconds membres des équations auxiliaires; et, d'après ce qu'on a vu dans le § Ier, les valeurs générales de $\bar{\xi}, \bar{\eta}, \ldots$ seront de la forme

$$(14) \quad \begin{cases} \bar{\xi} = [\varphi(\lambda, \mu, \nu)\mathfrak{L} + \chi(\lambda, \mu, \nu)\mathfrak{M} + \ldots]\,\Theta, \\ \bar{\eta} = [\varphi(\lambda, \mu, \nu)\mathfrak{P} + \chi(\lambda, \mu, \nu)\mathfrak{Q} + \ldots]\,\Theta, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

Θ désignant la fonction principale, et

$$\mathfrak{L}, \; \mathfrak{M}, \ldots \; \mathfrak{P}, \; \mathfrak{Q}, \ldots$$

des fonctions entières de la caractéristique D_t. D'ailleurs, pour obtenir la fonction principale Θ relative aux équations auxiliaires, on devra, 1° exprimer, dans les équations linéaires données, les diverses dérivées de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ à l'aide des caractéristiques D_x, D_y, D_z, D_t; 2° éliminer $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ entre ces équations, comme si

$$D_x, \; D_y, \; D_z, \; D_t,$$

désignaient des quantités véritables; 3° remplacer, dans le premier membre ∇ de l'équation résultante

$$(15) \qquad \nabla = 0,$$

les caractéristiques D_x, D_y, D_z par u, v, w, ce qui réduira ∇ à une fonction de la seule caractéristique D_t, puis choisir Θ de manière à vérifier quel que soit t, l'équation différentielle

$$\nabla\Theta = 0,$$

et, pour $t = 0$, les conditions

$$\Theta = 0,\ D_t\Theta = 0, \ldots\ D_t^{n-2}\Theta = 0,\ D_t^{n-1}\Theta = 1.$$

Si l'on nomme s ce que devient le premier membre ∇ de l'équation (15), quand on y remplace non-seulement

$$D_x,\ D_y,\ D_z \quad \text{par} \quad u,\ v,\ w,$$

mais encore D_t par s,

$$s = 0 \tag{16}$$

sera ce que nous appelons l'*équation caractéristique;* et la valeur de la fonction principale Θ sera

$$\Theta = \mathcal{E}\,\frac{e^{st}}{((s))}, \tag{17}$$

si l'on a choisi la fonction ∇ de manière que le coefficient de D_t^n s'y réduise à l'unité. Cela posé, pour obtenir les valeurs générales de

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ldots$$

c'est-à-dire pour obtenir les formules (14), il suffira, en vertu des principes établis dans le § Ier, de remplacer dans les équations différentielles auxiliaires, les variables

$$D_t\bar{\xi},\ D_t\bar{\eta},\ldots$$

par les différences

$$D_t\bar{\xi} - \varphi(\lambda, \mu, \nu)\nabla\Theta,\quad D_t\bar{\eta} - \chi(\lambda, \mu, \nu)\nabla\Theta,\ldots$$

∇ étant considéré comme une fonction de

$$u,\ v,\ w,\ D_t,$$

puis de résoudre par rapport à

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ldots$$

les nouvelles équations ainsi formées en opérant comme si D_t était une quantité véritable.

» Concevons maintenant que, dans les équations (13), présentées sous les formes

$$\left\{\begin{aligned} \xi &= \iiiint\!\!\iint e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)}\,\bar{\xi}\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}\,\frac{d\nu\,dw}{2\pi},\\ \eta &= \iiiint\!\!\iint e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)}\,\bar{\eta}\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}\,\frac{d\nu\,dw}{2\pi};\\ &\text{etc.,} \end{aligned}\right. \tag{18}$$

on substitue les valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}$,... tirées des formules (14) et (17); savoir,

$$(20)\quad \begin{cases} \bar{\xi} = \mathcal{E}[\varphi(\lambda, \mu, \nu)\,\mathfrak{L} + \chi(\lambda, \mu, \nu)\,\mathfrak{M} + \ldots]\dfrac{e^{st}}{((\mathcal{S}))}, \\ \bar{\eta} = \mathcal{E}[\varphi(\lambda, \mu, \nu)\,\mathfrak{P} + \chi(\lambda, \mu, \nu)\,\mathfrak{Q} + \ldots]\dfrac{e^{st}}{((\mathcal{S}))}, \\ \text{etc...} \end{cases}$$

Supposons d'ailleurs qu'à chaque forme particulière d'une fonction

$$\varpi(x, y, z)$$

des trois coordonnées

$$x, y, z,$$

on fasse correspondre une fonction de x, y, z, t, désignée par la seule lettre ϖ et déterminée par la formule

$$(21)\quad \varpi = \mathcal{E}\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)+st}}{((\mathcal{S}))}\varpi(\lambda, \mu, \nu)\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}\,\frac{d\nu\,dw}{2\pi}.$$

Enfin nommons

$$\varphi, \chi, \ldots.$$

les fonctions de x, y, z, t, dans lesquelles ϖ se transforme, quand on y remplace $\varpi(\lambda, \mu, \nu)$ par

$$\varphi(\lambda, \mu, \nu),\quad \chi(\lambda, \mu, \nu), \ldots$$

de sorte qu'on ait

$$\varphi = \mathcal{E}\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)+st}}{((\mathcal{S}))}\varphi(\lambda, \mu, \nu)\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}\,\frac{d\nu\,dw}{2\pi},$$

$$\chi = \mathcal{E}\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int \frac{e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)+st}}{((\mathcal{S}))}\chi(\lambda, \mu, \nu)\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}\,\frac{d\nu\,dw}{2\pi},$$

etc...

et désignons par

$$\mathrm{L}, \mathrm{M}, \ldots, \mathrm{P}, \mathrm{Q}, \ldots$$

ce que deviennent

$$\mathfrak{L}, \mathfrak{M}, \ldots \mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \ldots$$

quand on y remplace

$$u, v, w,$$

par les caractéristiques

$$\mathrm{D}_x, \mathrm{D}_y, \mathrm{D}_z.$$

Les valeurs de ξ, η, ... fournies par les équations (18) et (20) pourront évidemment s'écrire comme il suit

$$(22)\qquad \begin{cases} \xi = \mathrm{L}\varphi + \mathrm{M}\chi + \ldots, \\ \eta = \mathrm{P}\varphi + \mathrm{Q}\chi + \ldots, \\ \text{etc.}\ldots \end{cases}$$

En d'autres termes, on aura

$$(23)\qquad \begin{cases} \xi = \mathfrak{L}\varphi + \mathfrak{M}\chi + \ldots, \\ \eta = \mathfrak{P}\varphi + \mathfrak{Q}\chi + \ldots, \\ \text{etc.}; \end{cases}$$

pourvu que l'on transforme les fonctions de u, v, w, D_t, désignées par

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M}, \ldots\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q}, \ldots$$

en fonctions des caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

en y remplaçant u, v, w par D_x, D_y, D_z. D'ailleurs, pour déduire les formules (23) des formules (14), il suffit de remplacer dans les formules (14), les variables auxiliaires

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta}, \ldots$$

par les variables principales

$$\xi,\ \eta, \ldots$$

et les produits

$$\Theta\varphi(\lambda, \mu, \nu),\quad \Theta\chi(\lambda, \mu, \nu), \ldots$$

par les fonctions

$$\varphi,\qquad \chi \ldots$$

Donc, puisqu'on arrive directement aux formules (14), quand on résout par rapport aux variables auxiliaires $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}, \ldots$ non pas les équations différentielles auxiliaires, mais celles qu'on en déduit en remplaçant

$$D_t\bar{\xi},\ D_t\bar{\eta}, \ldots$$

par les différences

$$D_t\bar{\xi} - \nabla[\Theta\varphi(\lambda, \mu, \nu)],\quad D_t\bar{\eta} - \nabla[\Theta\chi(\lambda, \mu, \nu)], \ldots$$

et considérant ∇ comme une fonction de

$$u,\ v,\ w,\ D_t;$$

on pourra encore arriver directement aux formules (22) ou (23), en résolvant par rapport aux variables principales

$$\xi,\ \eta, \ldots$$

non pas les équations linéaires données, mais celles qu'on en déduit en

remplaçant

$$D_t\xi,\ D_t\eta, \ldots$$

par les différences

$$D_t\xi - \nabla\varphi,\quad D_t\eta - \nabla\chi, \ldots$$

et considérant ∇ comme une fonction de

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t.$$

Dans l'un et l'autre cas on devra opérer comme si les notations D_t et D_x, D_y, D_z étaient employées pour désigner de simples quantités, sauf à regarder, dans les équations définitives (14) ou (23), chacune de ces notations comme indiquant une différentiation relative à l'une des variables indépendantes t, x, y, z.

» Si, comme nous l'avons supposé, la fonction de D_x, D_y, D_z, D_t, désignée par ∇, est tellement choisie que, dans cette fonction, le coefficient, de D_t^n, c'est-à-dire de la plus haute puissance de D_t, se réduise à l'unité, alors la fonction de u, v, w, s, désignée par 8, étant développée suivant les puissances descendantes de s, offrira pour premier terme s^n. On aura donc, 1° pour $m < n - 1$,

$$\mathcal{E}\frac{s^m}{((8))} = 0;$$

2° pour $m = n - 1$,

$$\mathcal{E}\frac{s^{n-1}}{((8))} = 1;$$

en conséquence la fonction de x, y, z, t, désignée par ϖ, et déterminée par la formule (21), vérifiera, quel que soit t, l'équation aux différences partielles

$$\nabla\varpi = 0, \tag{24}$$

et pour $t = 0$, les conditions

$$\varpi = 0,\ D_t\varpi = 0,\ D_t^2\varpi = 1, \ldots\ D_t^{n-2}\varpi = 0,\ D_t^{n-1}\varpi = \varpi(x, y, z). \tag{25}$$

Cela posé, il suffira de résumer ce qui a été dit ci-dessus pour établir la proposition suivante.

» 2e *Théorème*. Soient données entre n variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta, \ldots$$

et les variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

n équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants,

c'est-à-dire n équations dont les premiers membres soient des fonctions linéaires des variables principales et de leurs dérivées, les seconds membres étant nuls. Supposons d'ailleurs que, parmi les dérivées relatives au temps, celles du premier ordre, savoir

$$D_t\xi,\ D_t\eta,\ldots$$

soient les seules qui entrent dans les premiers membres des équations données, et s'y trouvent multipliées par des facteurs constants, sans y être soumises à aucune différentiation nouvelle relative aux variables x, y, z. Nommons

$$\varphi(x, y, z),\quad \chi(x, y, z),\ldots$$

les valeurs initiales des variables principales $\xi, \eta, \ldots$, ces variables étant assujéties à vérifier pour une valeur nulle de t, les conditions

$$\xi = \varphi(x, y, z),\quad \eta = \chi(x, y, z)\ldots$$

Soient encore

$$\nabla = 0$$

l'équation en D_x, D_y, D_z, D_t, résultant de l'élimination de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ entre les équations données; et

$$8 = 0$$

l'équation caractéristique en laquelle se transforme la précédente quand on y remplace

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

par

$$u,\ v,\ w,\ s;$$

la fonction ∇ qui sera du degré n par rapport à D_t, étant d'ailleurs choisie de manière que, dans cette fonction, le coefficient de D_t^n se réduise à l'unité. Enfin,

$$\varpi(x, y, z)$$

étant l'une quelconque des fonctions initiales

$$\varphi(x, y, z),\quad \chi(x, y, z),\ldots$$

désignons par ϖ une fonction de x, y, z, t, déterminée par la formule (21), par conséquent assujétie, 1° à vérifier, quel que soit t, l'équation aux différences partielles

$$\nabla\varpi = 0;$$

2° à vérifier, pour une valeur nulle de t, les conditions

$$\varpi = 0,\ D_t\varpi = 0,\ D_t^2\varpi = 0,\ldots\ D_t^{n-2}\varpi = 0,\ D_t^{n-1}\varpi = \varpi(x, y, z),$$

et nommons

$$\varphi, \chi, \ldots$$

ce que devient ϖ, quand on réduit $\varpi(x, y, z)$ à

$$\varphi(x, x, z), \quad \chi(x, y, z) \ldots.$$

Pour intégrer les équations linéaires données, de manière à remplir les conditions requises, il suffira d'y remplacer les dérivées

$$D_t\xi, \ D_t\eta, \ldots$$

par les différences

$$D_t\xi - \nabla\varphi, \quad D_t\eta - \nabla\chi, \ldots$$

puis de résoudre par rapport à ξ, η, ... les nouvelles équations ainsi obtenues, en opérant comme si D_x, D_y, D_z, D_t, étaient de véritables quantités.

» En raisonnant toujours de la même manière, et ayant égard aux principes établis dans le § III, on établira encore la proposition suivante :

» 3e *Théorème.* — Soient données entre plusieurs variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

et les variables indépendantes

$$x, y, z, t,$$

des équations linéaires aux différences partielles, et à coefficients constants, en nombre égal à celui des variables principales. Concevons d'ailleurs que l'ordre des dérivées de ξ, η, ... relatives à t, puisse s'élever jusqu'à n' pour la variable principale ξ, jusqu'à n'' pour la variable principale η, ..., les coefficients de

$$D_t^{n'}\xi, \quad D_t^{n''}\eta, \ldots$$

étant indépendants de D_x, D_y, D_z, et se réduisant en conséquence à des quantités constantes. Faisons

$$n = n' + n'' + \ldots,$$

et supposons les variables principales

$$\xi, \eta, \zeta \ldots$$

assujéties non-seulement à vérifier, quel que soit t, les équations linéaires données, mais encore à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

$$\xi = \varphi(x, y, z), \quad D_t\xi = \varphi_{\prime}(x, y, z), \ldots \quad D_t^{n'-1}\xi = \varphi_{n'-1}(x, y, z);$$
$$\eta = \chi(x, y, z), \quad D_t\eta = \chi_{\prime}(x, y, z), \ldots \quad D_t^{n''-1}\eta = \chi_{n''-1}(x, y, z);$$
etc...

Soient encore

$$\nabla = 0$$

l'équation en D_x, D_y, D_z, D_t, résultant de l'élimination de ξ, η, ... entre les équations données; et

$$s = 0$$

l'équation caractéristique en laquelle se transforme la précédente quand on y remplace

$$D_x, D_y, D_z, D_t,$$

par

$$u, v, w, s;$$

la fonction ∇, qui est du degré n par rapport à D_t, étant choisie de manière que, dans cette fonction, le coefficient de D_t^n se réduise à l'unité. Enfin, supposons la fonction ϖ définie, comme dans le deuxième théorème, par conséquent déterminée par la formule (21), et nommons

$$\varphi, \varphi_{\prime}, \ldots \varphi_{n'-1},$$
$$\chi, \chi_{\prime}, \ldots \chi_{n''-1},$$
etc...

ce que devient ϖ quand on réduit $\varpi(x, y, z)$ à l'une des fonctions initiales

$$\varphi(x, y, z), \quad \varphi_{\prime}(x, y, z), \ldots \quad \varphi_{n'-1}(x, y, z),$$
$$\chi(x, y, z), \quad \chi_{\prime}(x, y, z), \ldots \quad \chi_{n''-1}(x, y, z),$$
etc...

Pour intégrer les équations linéaires données, de manière à remplir toutes les conditions requises, il suffira d'y remplacer les dérivées

$$D_t\xi, \ D_t^2\xi, \ldots \ D_t^{n'}\xi;$$
$$D_t\eta, \ D_t^2\eta, \ldots \ D_t^{n''}\eta,$$
etc...

par les différences

$$D_t\xi - \nabla\varphi, \ D_t^2\xi - \nabla(\varphi_{\prime} + D_t\varphi), \ldots D_t^{n'}\xi - \nabla(\varphi_{n-1} + \ldots + D_t^{n'-2}\varphi_{\prime} + D_t^{n'-1}\varphi),$$
$$D_t\eta - \nabla\chi, \ D_t^2\eta - \nabla(\chi_{\prime} + D_t\chi), \ldots D_t^{n''}\eta - \nabla(\chi_{n-1} + \ldots + D_t^{n''-2}\chi_{\prime} + D_t^{n''-1}\chi),$$
etc...,

puis de résoudre par rapport à ξ, η, ... les nouvelles équations ainsi obtenues, en opérant comme si

$$D_x, \ D_y, \ D_z, \ D_t,$$

étaient de véritables quantités.

» Les deux théorèmes qui précèdent offrent cela de remarquable, qu'ils font dépendre l'intégration d'un système quelconque d'équations linéaires, aux différences partielles, et à coefficients constants de l'évaluation de la seule fonction ϖ. Lorsque les variables indépendantes

$$x, \ y, \ z, \ t,$$

sont au nombre de quatre, savoir trois coordonnées et le temps, la fonction ϖ, déterminée par l'équation (21), se trouve représentée en conséquence par une intégrale définie sextuple, et la valeur initiale de

$$D_t^{n-1}\varpi,$$

désignée par $\varpi(x, y, z)$, peut être une fonction quelconque des coordonnées x, y, z. Si au contraire les variables indépendantes se réduisaient à une seule t, la valeur initiale de $D_t^{n-1}\varpi$ se réduirait à une constante, et l'on pourrait faire dépendre l'intégration des équations différentielles données de l'évaluation de ϖ, en supposant même que dans cette évaluation l'on attribuât à la constante une valeur particulière, par exemple, la valeur 1, ce qui reviendrait à prendre pour ϖ la fonction principale Θ. Cela posé, en généralisant la définition que nous avons donnée de la *fonction principale*, on pourra désigner sous ce nom, pour un système d'équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants, la fonction ϖ déterminée par la formule (21). La fonction principale étant ainsi définie, on pourra dire que les théorèmes 2 et 3 ramènent l'intégration d'un système quelconque d'équations linéaires, et à coefficients constants, à l'évaluation de l'intégrale définie qui représente la fonction principale.

» Au reste, il est bon d'observer d'une part, que le 2e théorème peut être établi directement, comme la proposition analogue énoncée dans le § Ier, et relative à un système d'équations différentielles; d'autre part, que le troisième théorème se déduit immédiatement du second, par des raisonnements semblables à ceux dont nous nous sommes servis dans le § III.

» Les théorèmes 2 et 3 supposent que les seconds membres des équations linéaires données se réduisent à zéro. Si ces seconds membres de-

venaient fonctions des variables indépendantes x, y, z, t, on pourrait appliquer à la détermination des valeurs générales de ξ, η,... ou le théorème 1[er], ou la proposition suivante que l'on déduit de ce théorème combiné avec les principes établis dans le troisième paragraphe.

» 4[e] *Théorème.* Soient données entre plusieurs variables principales

$$\xi,\ \eta,\ldots$$

et les variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t,$$

des équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants, en nombre égal à celui des variables principales. Supposons d'ailleurs que, dans les premiers membres de ces équations, les dérivées des ordres les plus élevés par rapport à t soient respectivement

$$D_t^{n'}\xi \text{ pour la variable principale } \xi,$$
$$D_t^{n''}\eta \text{ pour la variable principale } \eta, \text{ etc.};\ldots$$

les coefficients de ces dérivées se réduisant à des quantités constantes, et les seconds membres des équations données pouvant être des fonctions quelconques des variables indépendantes. Enfin supposons que les valeurs initiales de

$$\xi,\ D_t\xi,\ldots\ D_t^{n'-1}\xi,\ldots$$
$$\eta,\ D_t\eta,\ldots\ D_t^{n''-1}\eta,$$
$$\text{etc.},\ldots$$

doivent se réduire, pour $t=0$, à des fonctions connues de x, y, z. Pour intégrer sous cette condition les équations linéaires données, on déterminera d'abord à l'aide du second théorème, les valeurs générales de ξ, η,... correspondantes au cas où les seconds membres des équations données s'évanouiraient; puis à ces valeurs on ajoutera celles qui auraient la propriété de vérifier, quel que soit t, les équations données, et de vérifier pour $t=0$, les conditions

$$\xi=0,\quad D_t\xi=0,\quad D_t^{n'-1}\xi=0,$$
$$\eta=0,\quad D_t\eta=0,\quad D_t^{n''-1}\eta=0,$$
$$\text{etc.}\ldots$$

Ces dernières valeurs de ξ, η,... seront d'ailleurs de la forme

$$\xi=\int_0^t \Xi\,d\tau,\quad \eta=\int_0^t \mathrm{H}\,d\tau,\ldots$$

Ξ, H, ... étant des fonctions de

$$x, y, z, t,$$

et de la variable auxiliaire τ, déterminées par la règle suivante.

» Soient

$$X, Y, \ldots$$

des fonctions de x, y, z, t, propres à représenter les valeurs de

$$D_t^{n'}\xi, D_t^{n''}\eta, \ldots$$

qui vérifient les équations données quand on y remplace

$$\xi, D_t\xi, \ldots D_t^{n'-1}\xi,$$
$$\eta, D_t\eta, \ldots D_t^{n''-1}\eta,$$

par zéro. Soient encore

$$\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \ldots$$

ce que deviennent

$$X, Y, \ldots$$

quand on y remplace la variable indépendante t par la variable auxiliaire τ. Pour obtenir les valeurs générales de

$$\Xi, H, \ldots$$

il suffira de réduire à zéro les seconds membres des équations données, et de chercher ce que deviendront alors les valeurs de

$$\xi, \eta, \ldots$$

fournies par le troisième théorème, quand on y remplacera

$$t \text{ par } t - \tau,$$

et les valeurs initiales de

$$\xi, D_t\xi, \ldots D_t^{n'-2}\xi, D_t^{n'-1}\xi; \eta, D_t\eta, \ldots D_t^{n''-2}\eta, D_t^{n''-1}\eta; \text{ etc.} \ldots$$

par

$$0, 0, \ldots 0, \mathfrak{X}, 0, 0, \ldots 0, \mathfrak{Y}; \text{ etc.} \ldots$$

» Jusqu'à présent nous avons supposé que le premier membre ∇ de l'équation produite par l'élimination de $\xi, \eta, \ldots$ entre les équations données dans le cas où l'on remplace leurs seconds membres par zéro, était une fonction entière de D_x, D_y, D_z, D_t, dans laquelle on pouvait réduire le coefficient de D_t^n à l'unité. Cette réduction est en effet possible dans l'hypothèse que nous avions admise, savoir, lorsque, dans les équations données, les dérivées des ordres les plus élevés par rapport à t, se trou-

vent multipliées par des quantités constantes, sans être soumises à des différentiations relatives aux variables x, y, z. Considérons maintenant le cas général où cette réduction ne pourrait s'effectuer sans que ∇ cessât d'être une fonction entière de D_x, D_y, D_z, et désignons par K la fonction de cette espèce qui représente généralement le coefficient de D_t^n, dans le développement de ∇. Si l'on nomme $\mathcal{K}$, $\mathcal{S}$, ce que deviennent K, ∇, quand on y remplace D_x, D_y, D_z, D_t, par u, v, w, s; si d'ailleurs on continue de nommer *fonction principale*, une fonction ϖ de x, y, z, t, définie par l'équation (21), on trouvera dans le cas général, 1° pour $m < n - 1$,

$$\mathcal{E}\, \frac{s^m}{((\mathcal{S}))} = 0;$$

2° pour $m = n - 1$,

$$\mathcal{E}\, \frac{s^{n-1}}{((\mathcal{S}))} = \frac{1}{\mathcal{K}},$$

ou, ce qui revient au même,

$$\mathcal{E}\, \frac{\mathcal{K} s^{n-1}}{((\mathcal{S}))} = 1;$$

et par suite la fonction principale, qui vérifiera toujours, quel que soit t, l'équation (24), vérifiera, pour une valeur nulle de t, non plus les conditions (25), mais les suivantes

$$(26)\quad \varpi = 0,\ D_t\varpi = 0,\ D_t^2\varpi = 0, \ldots\ D_t^{n-2}\varpi = 0,\ \mathrm{K}D_t^{n-1}\varpi = \varpi(x, y, z).$$

Or, ces conditions, jointes à l'équation (24), ne suffiront pas pour déterminer complétement la fonction principale ϖ. Au reste, la seule considération de la formule (21), conduit à une conclusion du même genre. En effet, lorsque le coefficient de D_t^n dans ∇, savoir K, sera fonction de D_x, D_y, D_z, le coefficient de s^n dans $\mathcal{S}$, savoir

$$\mathcal{K},$$

sera fonction de u, v, w, et l'intégrale sextuple, comprise dans le second membre de la formule (21), ne sera plus généralement une intégrale complétement déterminée, attendu, par exemple, que la fonction sous le signe $\int$ deviendra infinie pour les valeurs de u, v, w, qui vérifieraient l'équation $\mathcal{K} = 0$. Mais on tirera de la formule (21),

$$(27)\quad \mathrm{K}\varpi = \mathcal{E}\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int\!\!\int e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)+st}\, \varpi(\lambda, \mu, \nu)\, \frac{\mathcal{K}}{((\mathcal{S}))}\, \frac{d\lambda\, du}{2\pi}\, \frac{d\mu\, dv}{2\pi}\, \frac{d\nu\, dw}{2\pi},$$

et cette dernière sera propre à ournir une valeur complétement déter-

minée de la fonction $K\varpi$. Si, après avoir calculé la fonction Π à l'aide de l'équation

$$(28)\quad \Pi = \mathcal{E}\int\int\int\int\int\int e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+w(z-\nu)+st}\,\varpi(\lambda,\mu,\nu)\,\frac{\mathfrak{K}}{((S))}\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}\,\frac{d\nu\,dw}{2\pi},$$

on pose généralement

$$(29)\qquad K\varpi = \Pi,$$

on pourra prendre, pour valeur générale de la fonction principale ϖ, l'une quelconque de celles qui vérifieront la formule (29). A chacune d'elles correspondra un système de valeurs de

$$\xi,\ \eta,\ldots$$

que l'on pourra obtenir à l'aide du théorème 2, 3 ou 4, et qui vérifiera toutes les conditions énoncées dans ces mêmes théorèmes.

» Pour montrer une application des principes que nous venons d'exposer, concevons qu'il s'agisse d'intégrer les équations simultanées

$$\frac{d^2\xi}{dx\,dt} + \frac{d\eta}{dy} = 0,\quad \frac{d^2\eta}{dy\,dt} - \frac{d\xi}{dx} = 0$$

ou, ce qui revient au même, les équations

$$D_x D_t \xi + D_y \eta = 0,\quad D_y D_t \eta - D_x \xi = 0,$$

de manière que l'on ait, pour $t = 0$,

$$\xi = \varphi(x,y),\quad \eta = \chi(x,y).$$

On trouvera, dans ce cas,

$$\nabla = D_x D_y (D_t^2 + 1),\quad S = uv(s^2+1),$$
$$\Pi = D_x D_y \qquad \mathfrak{K} = uv;$$

par suite, la fonction principale ϖ, assujétie, 1° à vérifier, quel que soit t, l'équation

$$D_x D_y (D_t^2 + 1)\,\varpi = 0;$$

2° à vérifier pour $t = 0$, les conditions

$$\varpi = 0,\quad D_x D_y D_t \varpi = \varpi(x,y),$$

sera définie par la formule

$$\varpi = \mathcal{E}\int\int\int\int \frac{e^{u(x-\lambda)+v(y-\mu)+st}}{uv\,((s^2+1))}\,\varpi(\lambda,\mu)\,\frac{d\lambda\,du}{2\pi}\,\frac{d\mu\,dv}{2\pi}$$
$$= \sin t \int\int\int\int e^{[\mathrm{u}(x-\lambda)+\mathrm{v}(y-\mu)]\sqrt{-1}}\,\varpi(\lambda,\mu)\,\frac{d\lambda\,d\mathrm{u}}{2\pi\mathrm{u}}\,\frac{d\mu\,d\mathrm{v}}{2\pi\mathrm{v}},$$

qui n'en déterminera pas complétement la valeur, et pourra être l'une quelconque de celles qui, s'évanouissant avec t, vérifient l'équation

$$\begin{aligned} D_x D_y \varpi &= \cos t \iiiint e^{[u(x-\lambda)+v(y-\mu)]\sqrt{-1}} \varpi(\lambda, \mu) \frac{d\lambda du}{2\pi} \frac{d\mu dv}{2\pi} \\ &= \sin t\, \varpi(x, y). \end{aligned}$$

Soient pareillement φ, χ, deux fonctions de x, y, t, qui, s'évanouissant avec t, vérifient les équations

$$D_x D_y \varphi = \sin t\, \varphi(x, y), \quad D_x D_y \chi = \sin t\, \chi(x, y).$$

Les valeurs générales de ξ, η, que l'on déduira des formules

$$D_x D_t \xi + D_y \eta = D_x \nabla \varphi, \quad D_y D_t \eta - D_x \xi = D_y \nabla \chi,$$

en opérant comme si D_x, D_y, D_t, ∇, désignaient de véritables quantités, seront

$$\xi = D_y(D_x D_t \varphi - D_y \chi), \quad \eta = D_x(D_y D_t \chi + D_x \varphi),$$

ou, ce qui revient au même,

$$\begin{aligned} \xi &= \cos t\, \varphi(x, y) - \sin t\, D_y \int \chi(x, y) dx - X(y, t), \\ \eta &= \cos t\, \chi(x, y) + \sin t\, D_x \int \varphi(x, y) dy + \Phi(x, t), \end{aligned}$$

les intégrations relatives aux variables x, y, étant effectuées à partir de valeurs déterminées de ces variables, par exemple, à partir de

$$x = 0, \quad y = 0,$$

et $\Phi(x, t)$, $X(y, t)$, désignant deux fonctions arbitraires de x, t ou de y, t, assujéties à la seule condition de s'évanouir pour une valeur nulle de t. Il est d'ailleurs facile de s'assurer que les valeurs précédentes de ξ, η, vérifient les deux équations données aux différences partielles, et se réduisent respectivement à

$$\varphi(x, y), \quad \chi(x, y),$$

quand on y pose $t = 0$. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la température propre des végétaux, par* M. DUTROCHET.

M. *Dutrochet* avait adressé l'année dernière, à l'Académie, sous enveloppe cachetée, un précis de ses recherches sur la température des végétaux. Le dépôt en fut annoncé à la séance du 1er juillet 1838; aujourd'hui,

sur la demande de l'auteur, le paquet est ouvert, et renferme la Note suivante dont il est donné lecture.

« *Expériences faites sur la température des végétaux avec l'appareil thermo-électrique;* 25 juin 1838. »

« Les végétaux ont une chaleur propre à laquelle s'ajoute celle de l'atmosphère. Cette chaleur totale est absorbée par la vaporisation de la sève, par la gazéification de l'oxigène pendant le jour, et par la gazéification de l'acide carbonique pendant la nuit. Il résulte de là que, dans l'état naturel, les végétaux ont une température toujours inférieure à celle de l'atmosphère; ils semblent ainsi *produire du froid.* Parmi les causes du refroidissement des végétaux, il en est une qu'il est facile d'éliminer: c'est la vaporisation de la sève. Il suffit, pour cela, de placer le végétal dans une atmosphère complétement saturée d'eau. C'est ce que j'ai fait au moyen d'un appareil dont je donne ici la figure. C'est un grand bocal fermé avec un bouchon de liége et dans lequel il y a un peu d'eau. Les deux soudures du circuit thermo-électrique sont situées dans l'intérieur de ce bocal. L'une des soudures est occupée par une partie végétale tuée au moyen de l'immersion dans l'eau chaude, et ensuite refroidie; l'autre soudure est occupée par une partie végétale exactement semblable, mais vivante. Les aiguilles sont enduites de gomme laque pour les préserver de l'oxidation et de l'action des acides. Les deux parties végétales, l'une morte et l'autre vivante, dans l'intérieur desquelles sont les deux soudures, sont ainsi placées dans les mêmes conditions par rapport aux causes extérieures qui peuvent modifier leur température; celle qui est morte prend la température de l'atmosphère ambiante; celle qui est vivante prend cette même température, et de plus elle manifeste alors la chaleur dont elle jouit en vertu de son état de vie, et qui, dans l'état naturel, était absorbée par la vaporisation de la sève. Cette chaleur est de $\frac{1}{4}$ de degré centésimal dans son maximum; elle n'est le plus souvent que de $\frac{1}{6}$ de degré ou même de $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{12}$ de degré. Je l'ai observée dans les jeunes tiges des végétaux, lorsque leur moelle est encore verte; dans les fleurs en bouton, dans les feuilles lorsque leur épaisseur est suffisante pour qu'on puisse y placer l'aiguille : telles sont, par exemple, les feuilles de la joubarbe (*sempervivum tectorum*). La chaleur propre des jeunes tiges et des feuilles de végétaux, disparaît pendant la nuit, ou pendant l'obscurité artificielle, et elle reparaît sous l'influence suffisamment continuée de la lumière. La chaleur propre des boutons des fleurs persiste pendant la nuit. J'avais cru d'abord voir que cette chaleur propre des boutons des fleurs disparaissait dans l'obscurité, mais c'était

une erreur dont j'ai découvert la source. Plus la température extérieure est élevée, plus la chaleur propre des végétaux augmente; c'est au-dessus de + 15 degrés centésimaux qu'il faut faire ces expériences pour avoir des résultats marqués; ils sont encore plus appréciables au-dessus de + 20 degrés. C'est à l'heure du jour où il y a à la fois le plus de chaleur extérieure et le plus de lumière que la chaleur propre des végétaux a le plus d'élévation. Or, comme c'est alors que les végétaux produisent le plus d'oxigène qui s'introduit dans leurs organes pneumatiques et respiratoires, il en résulte que leur production de chaleur est en rapport avec leur respiration, ainsi que cela a lieu chez les animaux. Au reste, la chaleur que manifestent les végétaux, lorsqu'on les environne d'une atmosphère saturée d'eau, n'est qu'une partie de la chaleur totale qu'ils produisent, puisqu'il y en a une autre partie qui est nécessairement absorbée par la gazéification de l'oxigène sous l'influence de la lumière. Toutes mes expériences ont été faites à la lumière diffuse. »

La lettre dans laquelle M. Dutrochet demandait l'ouverture du paquet cacheté, reçu le 1er juillet 1838, contenait la note suivante dont il a été également donné lecture.

Note additionnelle. (6 juin 1839.)

« Le retard d'une année que j'ai mis à publier ces observations a été motivé par la crainte que j'éprouvais d'avoir été induit en erreur par un instrument qui est la source de bien des déceptions contre lesquelles il faut soigneusement se prémunir. L'appareil thermo-électrique dont je me servais l'année dernière me donnait six degrés de déviation de l'aiguille aimantée pour un degré thermométrique centésimal de différence de température entre les deux soudures; cette année, muni d'un excellent galvanomètre de Gourjon, j'obtiens seize degrés de déviation de l'aiguille aimantée pour un degré centésmial. Pourvu d'un appareil thermo-électrique aussi sensible, j'ai répété avec moins de chances d'erreur et avec bien plus de précision, mes observations de l'année dernière, et j'ai constaté pleinement leur exactitude. L'appareil dont je me servais et dont j'ai donné la figure, n'est propre que pour soumettre à l'observation des plantes coupées, dont la vie est entretenue par l'eau dans laquelle trempe leur partie inférieure tronquée. Cette année j'ai employé un autre appareil plus parfait, avec lequel je puis soumettre à l'observation non-seulement des plantes coupées, mais aussi des plantes enracinées. Je donnerai, dans le Mémoire

que je publierai plus tard, la description de ce nouvel appareil, construit sur les mêmes principes que le premier, et dans lequel le bocal dont je me servais d'abord a été remplacé par une cloche de verre cylindrique et assez élevée. Mes aiguilles sont autrement construites que celles que j'employais l'année dernière; faites avec des fils de cuivre et de fer très fins, elles sont reployées sur elles-mêmes, à angle très aigu à l'endroit où se trouve la soudure de ces fils, en sorte que cette soudure occupe le sommet de l'angle dont les deux côtés, fer et cuivre, sont presque juxtaposés et séparés seulement par une couche de vernis, lequel enduit toute cette partie des aiguilles. La soudure est enfoncée, toujours à la même profondeur de cinq millimètres, dans la partie végétale soumise à l'observation.

» Je dois présenter ici quelques modifications et quelques additions à mes observations de l'année dernière, ci-dessus exposées.

» La chaleur des parties vertes des végétaux, chaleur dont j'ai établi le maximum à $\frac{1}{4}$ de degré centésimal, s'élève quelquefois à $\frac{1}{3}$ de degré. C'est, par exemple, ce que j'ai observé dans la tige de l'*Euphorbia lathyris.* Les tiges n'offrent de chaleur propre que tant qu'elles conservent l'état herbacé; elles la perdent en devenant ligneuses, ou du moins alors leur chaleur propre n'est plus appréciable. J'ai constaté l'existence de la chaleur végétale non-seulement dans les parties que j'ai mentionnées dans ma Note de l'année dernière, mais aussi dans les racines, dans les fruits, et même dans les embryons séminaux. Les gros cotylédons de la fève (*vicia faba*), lorsqu'ils sont encore verts, se prêtent facilement à cette dernière observation. Enfin, j'ai observé une chaleur propre chez les champignons. Les fleurs en bouton n'offrent de chaleur propre que lorsque la soudure se trouve placée dans l'ovaire. Lorsque cette soudure est placée dans les nombreux pétales reployés et pressés les uns sur les autres, ainsi que cela a lieu dans les fleurs en bouton de la rose aux cent feuilles ou de la pivoine double, on n'observe aucun indice de chaleur. La chaleur propre des jeunes tiges, qui disparaît souvent pendant la nuit, persiste quelquefois pendant sa durée, mais elle éprouve alors une notable diminution. C'est ordinairement dans le courant des trois heures qui suivent midi qu'existe le maximum de la chaleur végétale. C'est l'époque de la journée où il y a *ordinairement*, mais non cependant *toujours*, le plus de chaleur et de lumière. Au-delà de l'heure invariable à laquelle arrive, pour chaque plante, le maximum de sa chaleur propre, celle-ci va en diminuant bien que la chaleur extérieure et la lumière puissent alors augmenter d'intensité. Ce *paroxysme diurne*, cette sorte de *fièvre*

quotidienne qu'éprouvent les végétaux verts, ne présente d'interruption que lors de l'absence complète de la lumière diurne ; et, ce qu'il y a de très remarquable, cette interruption du paroxysme n'arrive point toujours dès le premier jour de l'obscurité complète. J'ai vu, en effet, ce paroxysme se reproduire encore dans ce premier jour et même quelquefois dans le second jour d'obscurité, et son maximum arrivait toujours à la même heure. Le troisième jour de l'obscurité le paroxysme n'est jamais revenu. L'exposition à la simple lumière diffuse suffit pour rendre à la plante la chaleur propre qu'elle a perdue, et cela assez promptement.

» J'ai voulu comparer la chaleur propre des végétaux à celle de quelques animaux *à basse température*. Je me sers de cette expression parce que je ne pense pas qu'il y ait d'animaux *froids*, c'est-à-dire qui soient totalement privés de chaleur propre. J'ai trouvé que la chaleur des végétaux est généralement peu inférieure à celle des insectes et lui est souvent supérieure. La chaleur propre de la grenouille (*Rana esculenta*) est fort inférieure à celle de la plupart des plantes. Je n'ai trouvé aucune chaleur appréciable chez l'écrevisse (*Astacus fluviatilis*), non plus que chez la limace (*Limax rufus*). Ainsi les végétaux sont plus haut placés que certains animaux relativement au degré de leur chaleur propre. »

M. d'Hombres-Firmas dépose une note sur la *Collection géologique des Cévennes* qu'il a formée à Alais. Il fait connaître le plan qu'il a suivi, et insiste sur les avantages qu'offrirait à la science la formation des collections particulières, si chaque collecteur, se bornant à l'étude d'une seule branche de l'histoire naturelle, s'attachait à réunir tous les produits qui s'y rapportent dans le district qu'il habite.

MÉMOIRES LUS.

M. Levacher lit la première partie d'un *Mémoire sur le Pian*.

(Commissaires, MM. Magendie, Serres, Larrey.)

M. Mercier lit un Mémoire ayant pour titre : *Sur la véritable cause de l'incontinence, de la rétention et du regorgement d'urine chez les vieillards.*

(Commissaires, MM. Magendie, Double, Breschet.)

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mémoire sur l'essence de Menthe poivrée cristallisée ; par* M. WALTER. — (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Dumas, Robiquet.)

« Dans une note que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie, relative à l'essence de Menthe cristallisée, je pris l'engagement de rechercher s'il faut placer ce corps parmi un groupe de corps à part, dont le camphre ordinaire serait le type, où si sa place lui doit être assignée dans le groupe très voisin et à présent si nombreux des alcools, dont l'alcool ordinaire est le type. Les expériences que j'ai entreprises décident en faveur de la première opinion; en effet, les réactions qu'exercent sur l'essence l'acide sulfurique ordinaire et le perchlorure de phosphore, réactions nettes et décisives, dont plus loin je parlerai en détail, sont contraires à la manière de l'envisager comme un alcool ordinaire. Le groupe avec ses dérivés est plus nombreux qu'on ne serait tenté de le supposer d'abord. J'ai tâché de le représenter dans le tableau suivant, dans lequel plusieurs corps ne sont encore qu'hypothétiques, et présentent des lacunes qui, j'espère, ne tarderont pas à être comblées.

$C^{40}H^{36} + H^4O^2$ cssence de Menthe...	$C^{40}H^{36}$ menthène.
$C^{40}H^{32} + H^4O^2$ inconnu............	$C^{40}H^{32}$ essence de térébenthine.
$C^{40}H^{28} + H^4O^2$ camphre	$C^{40}H^{28}$ camphène.
$C^{40}H^{24} + H^4O^2$ inconnu............	$C^{40}H^{24}$ inconnu.
$C^{40}H^{20} + H^4O^2$ anis.	$C^{40}H^{20}$ anisène.
$C^{40}H^{16} + H^4O^2$ inconnu.	$C^{40}H^{16}$ naphtaline.

» L'essence de menthe se présente sous forme de prismes incolores, d'une saveur et d'une odeur qui est propre à l'essence de menthe poivrée. Elle est peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool, l'esprit de bois, l'éther et l'essence de térébenthine; son point de fusion est à 34° c., le point d'ébulition à 213° c., sous la pression de $0^m,76$. Les acides phosphorique anhydre et sulfurique ordinaire, le perchlorure de phosphore, le chlore sec agissant tantôt dans l'obscurité, tantôt aidés par les rayons solaires, exercent des réactions particulières. Mes analyses s'accordent avec celles de M. Dumas, et la densité de la vapeur que je lui ai trouvée. Voici les données d'une ces analyses : 0,3225 essence de menthe, 0,9055

acide carbonique, 0,372 eau, ce qui donne en centièmes 77,68 carbone 12,83 hydrogène, 9,19 oxigène : les résultats s'accordent avec la formule rationnelle $C^{40}H^{40}C^{2}$, qui donne 77,27 de carbone, 12,62 hydrogène, 16,11 oxigène. La densité de la vapeur fut trouvée 4,62. Le calcul donne 5,455. Un équivalent d'essence renferme quatre volumes de vapeur.

» *Menthène.* — En faisant réagir l'acide phosphorique anhydre sur l'essence de menthe, on obtient un corps liquide particulier auquel j'ai donné le nom de menthène. Il suffit pour le purifier de le distiller une ou deux fois sur l'acide phosphorique anhydre. Ce liquide est clair, transparent, d'une odeur agréable; sa saveur est fraîche; il est soluble dans l'alcool, l'éther, etc.; il brûle avec une flamme fuligineuse, il bout à 163° c. sous la pression 0,76; son poids spécifique est 0,851 à 21° c. Le chlore et l'acide nitrique réagissent d'une manière particulière; le brome y produit une coloration rouge foncée très caractéristique. Soumis à l'analyse, il m'a donné le résultat que voici : 0, 372 menthène, 1,178 acide carbonique, 0,426 eau, ou en centièmes, 87,59 carbone, 12,71 hydrogène. Ce résultat se rapporte parfaitement à la formule $C^{40}H^{36}$, qui donnerait

$$C^{40} = 1530 = 87,18,$$
$$H^{36} = 225 = 12,82.$$

» J'ai pris deux fois la densité de la vapeur, je l'ai trouvée = 4,9; le calcul d'après la formule citée plus haut donne 4,8. Un équivalent de menthène renferme donc quatre volumes de vapeur.

» L'acide sulfurique ordinaire n'exerce à froid aucune action sensible sur l'essence de menthe, seulement le mélange prend une couleur rouge, mais si on vient à le chauffer au bain-marie, il se sépare en deux couches, une incolore, fluide, l'autre épaisse, fortement colorée en rouge. La couche supérieure, traitée à plusieurs reprises par l'acide sulfurique à froid, donne tous les caractères et la composition du menthène pur; l'autre, épaisse, saturée par différentes bases, ne m'a rien présenté dont je puisse inférer l'existence du monohydrate de menthène ou l'existence de l'acide sulfo-menthique.

» *Chloro-menthène.* — Dans le but de préparer un chlorhydrate de menthène analogue aux chlorhydrates d'hydrogène bicarboné ou de méthylène, je fis réagir sur l'essence de menthe du perchlorure de phosphore : la réaction fut très vive, il se dégagea d'abondantes vapeurs d'acide chlorhydrique. En distillant le tout sur un petit excès de perchlorure de phosphore, il passa dans le récipient, d'abord du protochlorure de

phosphore, puis du perchlorure de phosphore, enfin un corps oléagineux. Le mélange traité par l'eau, fit apparaître à la surface de cette dernière, un corps oléagineux, qui lavé à l'eau et par une dissolution de carbonate de soude, ensuite redistillé deux fois sur du perchlorure de phosphore, lavé, mis en contact avec du chlorure de calcium fondu et placé dans le vide, fut soumis à l'analyse.

» 0,24 de matière ont donné 0,608 acide carbonique et 0,214 eau.

» 0,3565 *id.* décomposés par la chaux incandescente, ont fourni $0^g,3$ de chlorure d'argent.

» Ces résultats traduits en centièmes présentent

Carbone.....	70,09,
Hydrogène...	9,89,
Chlore.......	20,87.

» Ils s'accordent avec la formule du chloro-menthène qui est

$$C^{40} = 69{,}91,$$
$$H^{34} = 9{,}77,$$
$$Cl^2 = 20{,}32.$$

» Le chloro-menthène est un liquide d'un jaune pâle; son odeur est aromatique rappelant l'odeur des fleurs de macis, sa saveur est fraîche, il bout à 204°c., il brûle avec une flamme fuligineuse bordée de vert; une dissolution concentrée de potasse caustique est sans action sur lui. On peut donc conclure par l'ensemble de ces caractères que le menthène et le chloro-menthène sont deux corps du même type, ayant entre eux les mêmes rapports que le gaz oléfiant et le gaz chloroléfiant ou bien encore que l'acide acétique et l'acide chloro-acétique.

» L'action qu'exerce le chlore sur l'essence de menthe donne naissance à des composés d'une composition compliquée. En faisant passer le chlore sec dans de l'essence de menthe, il se dégage d'abondantes vapeurs d'acide chlorhydrique, et l'on obtient en définitive un liquide jaune plus dense que l'eau, qui, purifié et desséché par les méthodes ordinaires et soumis à l'analyse, a présenté le résultat suivant : 0,338 matière, 0,7 acide carbonique, 0,22 eau, — $0^g,365$ matière ont donné 0,557 de chlorure d'argent ou en centièmes :

Carbone...	49,92	Cette composition s'accorde assez bien avec la formule suivante :	$C^{40} = 1530 = 50{,}4,$
Hydrogène.	6,29		$H^{31} = 193 = 6{,}3,$
Chlore....	37,6		$Ch^5 = 1106 = 36{,}5,$
Oxigène....			$O^2 = 200 = 6{,}8.$

» Ce produit, exposé à l'action du chlore et de la lumière solaire, devient

plus pâle, visqueux, perd encore 6 équivalents d'hydrogène qui sont remplacés par 6 équivalents de chlore; en effet 0,321 matière employée ont donné 0,411 acide carbonique, eau 0,112; 0,283 matière ont fourni 0,643 de chlorure d'argent. Ces données traduites en centièmes font

Carbone.....	34,42	ce qui s'accorde avec la formule:	$C^{40} = 1530 = 35,4,$
Hydrogène...	3,87		$H^{25} = 156 = 3,6,$
Chlore.......	56,0		$Cl^{11} = 2434 = 56,3,$
Oxigène.....			$O^{2} = 200 = 4,6.$

» Je passe aux réactions qu'exercent sur le menthène l'acide nitrique et le chlore.

» L'acide nitrique n'exerce à froid aucune action, mais en chauffant, la réaction se fait avec une violence extrême; il se dégage d'abondantes vapeurs rutilantes et de l'acide carbonique. A la fin, la réaction se fait avec une difficulté extrême. On obtient un liquide jaune, soluble dans l'eau et l'alcool, qui, purifié et soumis à l'analyse, m'a donné le résultat que voici : 0,374 matière, 0,582 acide carbonique, 0,222, eau ou en centièmes, 43,05 carbone, 6,5 hydrogène, 56,45 oxigène, ce qui s'accorde assez bien avec la formule $C^{20}H^{18}O^{9}$. Cet acide exige une étude toute particulière.

» En faisant passer du chlore sec dans du menthène, le chlore l'attaque d'une manière très énergique et le change en un liquide sirupeux, coloré en jaune qui, purifié et desséché dans le vide, a présenté le résultat que voici : 0,311 matière employée, 0,441 acide carbonique, 0,136 eau; 0,282 *id.*, ont donné 0,653 de chlorure d'argent ou en centièmes :

Carbone...	39,2	ce qui conduit à la formule	$C^{40} = 1530 = 39,18,$
Hydrogène.	4,8		$H^{26} = 162 = 4,17,$
Chlore....	5,71		$Ch^{10} = 2213 = 56,67.$

» Dans cette réaction, le menthène a perdu 10 équivalents d'hydrogène qui ont été remplacés par dix équivalents de chlore.

» Toutes mes tentatives pour produire avec l'essence de menthe et les différents réactifs des composés analogues à ceux que nous présente l'alcool, l'esprit de bois, l'éthal placés dans les mêmes circonstances, ayant échoué, l'action de l'acide sulfurique, du perchlorure de phosphore, de l'acide phosphorique, m'ayant toujours donné des résultats tout particuliers et nouveaux, la conclusion qu'on ne peut pas regarder l'essence de menthe cristallisée comme un alcool ordinaire se présente d'elle-même.

Je serais donc porté à la placer dans un même groupe avec le camphre et l'acétone dont elle se rapproche beaucoup. »

CHIMIE. — *Étude des phénomènes que présente la fécule hydratée soumise en vases clos à des températures constantes ; par* **M. JACQUELAIN.**

(Commissaires, MM. Biot, Dumas, Robiquet, Pelouze.)

Des faits exposés dans ce Mémoire, l'auteur déduit les conclusions suivantes :

« 1°. J'ai reconnu que la substance intérieure de la fécule se trouve à peine azotée comparativement à la partie extérieure, et jouit seule de la propriété de faire empois à froid comme à chaud; j'ai prouvé que l'ébullition prolongée dans l'eau pure ou acidulée, ne saurait rendre soluble que cette même substance; j'admets donc deux matières dans la fécule; l'une intérieure, composée de couches concentriques, ainsi que l'a démontré M. Payen; l'autre, très azotée, membraniforme, car un grossissement de 800 diamètres n'y décèle aucune organisation cellulaire.

» Pour les séparer, il suffit de porter la fécule à 150° avec de l'eau pure dans la marmite à Papin. Au bout de deux ou trois heures on a un liquide qui, filtré chaud, laisse sur le filtre les membranes azotées. Le liquide qui s'écoule abandonne par le refroidissement la presque totalité de la fécule; mais celle-ci se trouve ramenée à l'état de granules de $\frac{2}{1000}$ de millimètres, mais toujours colorables en bleu par l'iode.

» 2°. L'apparition constante des éléments granulaires, que l'on sépare de leur dissolvant aqueux, par un abaissement de température ou par voie d'insolubilité dans l'alcool, quel que soit leur état de solubilité, atteste suffisamment que les granules, la dextrine colorable en bleu ou violet, et celle non colorable, sont toujours des produits organisés.

» 3°. La concordance des analyses élémentaires de tous ces produits, appuyée du pouvoir rotatoire dans le même sens, démontre, d'une manière positive, l'identité chimique de la matière féculente dans ses différents états d'agrégation.

» 4°. La consistance mucilagineuse que prend la fécule porphyrisée quand on l'humecte d'eau froide, est un phénomène intéressant en ce sens qu'il va nous permettre d'asseoir quelques idées sur l'existence tant de fois mise en doute d'une partie enveloppante pour le grain de fécule. En effet, la partie extérieure de la fécule, quelle que soit sa nature, est extensible; c'est un fait démontré : elle résiste à l'action de l'eau froide, et ne jouit

alors d'aucune propriété plastique avant la trituration; c'est encore un fait. Mais après son déchirement la partie amilacée, imprégnée d'eau et brusquement gonflée, s'épanche et se soude pour ainsi dire à froid comme à chaud, en vertu de son peu de solubilité, même à 100°. Faisons maintenant réagir à la fois sur cette masse d'empois la pression, l'action dissolvante de l'eau et la température; évidemment les premiers effets se produiront encore sur les portions intérieures, les premières que l'eau froide avait déjà impressionnées; en résumé, ce premier phénomène accompli, il restera des flocons qu'on est bien forcé de considérer comme la partie extérieure des grains de fécule, quelle que soit sa nature, je le répète à dessein. Mais puisqu'en réitérant sur eux les mêmes expériences, il en résulte encore de la dextrine et une matière floconneuse très azotée, il faut nécessairement admettre qu'à la partie la plus externe des grains, il siége une matière tout-à-fait distincte du principe féculent lui-même.

» J'ai avancé que sa quantité s'élevait à 0,036; mais je n'ai pas soutenu qu'il ne pourrait s'en être dissous une certaine quantité, par les traitements réitérés qu'on lui a fait subir; comment en serait-il autrement, puisque les granules eux-mêmes fournissent à l'analyse, de l'azote dont le chiffre seul dépasse celui du résidu azoté?

» Comme on vient de le voir, la théorie de la formation de l'empois se trouve liée aux notions que l'on possède maintenant sur la configuration de l'organe appelé grain de fécule.

» Il n'est pas sans intérêt peut-être de rappeler ici que l'action désorganisatrice ou dissolvante de l'eau seule en vase clos, m'a permis de reproduire tous les phénomènes de fluidification de la fécule, si bien étudiés par par MM. Biot et Persoz, quand ils faisaient réagir l'amidon et l'acide sulfurique dilué, à des températures variées. Ainsi, ce qui manque d'énergie à l'eau se trouve compensé par le secours de la pression et d'une température plus élevée. Indépendamment de ces faits, je crois pouvoir assurer dès à présent que ce moyen d'investigation appliqué avec discrétion à l'étude des corps organisés, peut conduire à des résultats intéressants en physiologie végétale. On se rend, indépendant de l'action possible du métal de la marmite sur la matière organique, lorsqu'on se sert, comme je l'ai fait, d'un cylindre en porcelaine vernie, fermé d'un bout et s'emboîtant à l'aise dans le vase métallique, de manière à recevoir la température du bain extérieur par l'intermédiaire de ses parois, et, en second lieu, d'une couche d'eau qu'elle peut contenir.

» 6°. Sous le point de vue industriel enfin, il est à remarquer qu'on obtient

a volonté des granules d'amidon, de la dextrine ou du sucre dans un état de concentration peu éloigné de celui qu'exige la consommation de ces matières, par conséquent avec économie de temps et de combustible. L'emploi du noir peut être exclu.

» S'il s'agissait de substituer avec succès un corps à la dextrine commerciale, toujours hygrométrique, parce qu'elle contient toujours du sucre en pure perte, je conseillerais d'employer la solution faite à 70° des granules d'amidon. Sous cette forme le produit, quand il est desséché brusquement en plaques, conserve de la transparence, et surtout une souplesse remarquable; mais les granules seraient préparés en moins de temps encore que la dextrine; et leur blancheur, leur état de neutralité, le faible résidu salin laissé après incinération, seraient un cachet suffisant de leur pureté.

» Sous tous ces rapports, ce nouveau produit mériterait donc la préférence et sur les amidons torréfiés, produits brûlés auxquels on renonce déjà, et sur la dextrine léïocome, car son acidité variable doit lui interdire un certain nombre d'applications. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note théorique sur la longueur des bras des échappements; par* M. J. Wagner.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Gambey.)

M. Ch. Chevalier soumet au jugement de l'Académie un nouveau système de *micromètre*, pour les instruments astronomiques. Dans cet appareil, une *camera lucida* convenablement disposée, projette sur l'objet qui se trouve dans le champ de la lunette l'image du micromètre placé extérieurement. Jusqu'à présent, les micromètres extérieurs, dont quelques astronomes avaient fait usage, exigeaient l'emploi simultané des deux yeux.

(Commissaires, MM. Arago, Puissant, Savary.)

M. Soleil fils présente un *appareil* qu'il annonce comme propre à répéter toutes les expériences de *diffraction*, d'*interférence*, de *réseaux*, etc., qu'on peut avoir besoin de faire dans les cours d'optique.

(Commissaires, MM. Arago, Beudant.)

M. Imbert adresse une Note ayant pour titre : *Recherches sur la Théorie des nombres; fragments sur l'homogénéité.*

(Commissaires, MM. Poinsot, Cauchy, Sturm.)

M. Joly, professseur d'histoire naturelle au Collége de Montpellier, écrit que long-temps avant la lecture du Mémoire dans lequel M. *Colin*

a eu pour but de prouver que l'oxigène n'a pas sur la production de l'indigo du *polygonum tinctorium* toute l'influence qu'on lui a attribuée jusqu'à présent, il avait été conduit aux mêmes conclusions par des expériences qui se trouvent consignées dans le Bulletin de la Société d'Agriculture du département de l'Hérault, numéro de janvier et février 1839. Le numéro en question est joint à la lettre de M. Joly.

Les deux pièces sont renvoyées à l'examen de la Commission chargée de faire un rapport sur le Mémoire de M. Collin.

M. **Denis**, qui avait présenté pour le concours aux prix de Médecine et de Chirurgie, fondation Montyon, un ouvrage intitulé : *Essai sur l'application de la chimie organique à l'étude du sang*, envoie, comme complément à ce travail, un nouvel opuscule intitulé : *Démonstration expérimentale sur l'albumine.*

(Renvoi à la Commission des prix Montyon.)

M. **Leymerie** adresse une Note sur le *coup de foudre* qui a frappé le dôme des Invalides, dans l'orage du 8 juin. D'après les informations qu'a recueillies l'auteur de cette Note, il existerait depuis plusieurs années une solution de continuité dans le conducteur du paratonnerre de cet édifice.

(Commissaires, MM. Arago, Savary.)

M. **Ducel** prie l'Académie de vouloir bien charger une Commission de faire un rapport sur une *chaudière à vapeur* de son invention.

(Commissaires, MM. Coriolis, Séguier.)

CORRESPONDANCE.

M. **le Ministre de l'Instruction publique** adresse une ampliation de l'ordonnance royale qui confirme l'élection de M. *Liouville* à la place vacante dans la section d'Astronomie, par suite du décès de M. Lefrançais-Lalande.

M. Liouville, présent, est invité à prendre place parmi les membres.

physiologie expérimentale. — *Influence des nerfs de la sensibilité sur les nerfs du mouvement.*

M. **Longet** adresse la lettre suivante :

« L'Académie se rappelle que, dans sa séance du 3 juin, j'ai eu l'honneur de lui communiquer une expérience que j'avais faite au collége de

France, sous les yeux de M. Magendie, et de laquelle j'ai tiré cette conclusion : *La racine antérieure d'une paire rachidienne emprunte sa propriété de sentir, non à ses connexions avec le faisceau antéro-latéral de la moelle, mais à son union, au niveau du ganglion spinal, avec la racine postérieure correspondante.* M. Magendie ayant attaqué la conclusion, tout en m'accordant l'expérience, je demanderai la permission à l'Académie de prouver : 1° que ma conclusion a été rigoureusement déduite; 2° que l'expérience faite par M. Magendie dès le lendemain du jour où il avait été témoin de la mienne, ne fut que la confirmation de cette dernière.

» Quand Eschricht et Lund ont voulu démontrer que le nerf facial n'est sensible qu'à cause de l'influence exercée sur lui par le nerf trijumeau, quand M. Magendie lui-même a appuyé ce résultat par ses propres recherches, quel procédé ont suivi ces expérimentateurs? Ils coupèrent la cinquième paire à son origine, puis, trouvant le nerf facial indifférent à la stimulation, *au pincement*, ils en conclurent que ce nerf doit sa sensibilité à l'intégrité du nerf trijumeau : c'est précisément le même mode d'expérimentation dont j'ai fait usage pour démontrer que la racine antérieure jouit d'une sensibilité empruntée à la racine postérieure qui lui correspond. En effet, sur un chien auquel, pour le cours de M. Magendie, avait été pratiquée, d'un côté, la section de toutes les racines postérieures lombaires, je *stimulai avec une pince* les racines antérieures correspondantes, sans déterminer aucune douleur, tandis que du côté opposé, m'adressant à une paire rachidienne intacte et excitant sa racine antérieure, j'arrachai un cri à l'animal. Le résultat était évident, l'induction facile à tirer; dans les deux cas, la racine antérieure communiquait avec le faisceau antéro-latéral de la moelle, et si elle eût emprunté à ce faisceau la propriété de sentir, dans les deux cas aussi la douleur aurait dû se manifester; or la stimulation de la racine antérieure ne fit nullement souffrir l'animal, du côté où avait été pratiquée la section de la racine postérieure correspondante; donc la première n'est sensible qu'à cause de son union avec la seconde. M. Magendie a répondu que « mon expérience n'était que la confirmation de celle qui détermine que les racines antérieures sont nerfs moteurs, tandis que les postérieures sont nerfs sensitifs. » Elle confirme en effet cette vérité connue que rappelle M. Magendie, mais de plus, elle révèle un fait nouveau que cet illustre physiologiste n'a fait que rendre plus évident, le lendemain, par l'expérience suivante : Il coupa une racine antérieure par le milieu, et constata que le bout adhé-

rent à la moelle est insensible; or ce résultat était prouvé par mon expérience, qui a appris que la racine antérieure n'était pas sensible à cause de ses relations avec le faisceau antéro-latéral de la moelle. M. Magendie, en pinçant le bout adhérent au ganglion, occasiona de la douleur, ce qui devait avoir lieu puisque j'avais démontré que la racine antérieure emprunte sa propriété de sentir à son union, au niveau du ganglion spinal, avec la racine postérieure correspondante. »

Remarques de M. Magendie *sur la lettre de* M. Longet.

« M. **Magendie** répond que si l'auteur de la lettre bornait ses prétentions à avoir pincé, au Collége de France, sous ses yeux, les racines rachidiennes, il n'y aurait aucune difficulté puisque le fait est exact. Mais il va plus loin : il prétend que de cette simple expérience découle le fait nouveau dans la science des nerfs, que la sensibilité des racines antérieures ne vient pas directement de la moelle; c'est ici que M. Magendie diffère avec le réclamant.

» Une semblable conclusion était si loin de résulter de ce que l'auteur de la lettre appelle son expérience, qu'à la leçon suivante qui eut lieu, non le lendemain mais cinq jours après, M. Magendie se consuma en conjectures et en expériences infructueuses pour savoir d'où venait cette sensibilité, et que la séance se termina sans que la difficulté fût levée. Ce n'est qu'à la séance suivante que le fait fut réellement découvert et constaté en présence de l'auditoire.

» L'auteur de la réclamation était présent à la séance où M. Magendie chercha, sans succès, à déterminer la source de la sensibilité de la racine antérieure : c'était bien le cas de mettre au jour ses prétentions et de faire valoir ses déductions; il n'en fit rien : ce n'est que plusieurs jours après la séance où le fait fut enfin découvert, qu'il jugea à propos de réclamer. D'où M. Magendie conclut que sa réclamation n'est aucunement fondée. »

Sur les effets de la section de diverses branches des nerfs de la sensation et des nerfs du mouvement dans des névralgies; par M. Roux.

Après la réplique de M. Magendie à la nouvelle réclamation de M. Longet, M. Roux présente les considérations suivantes.

« Puisqu'il s'agit de nouveau dans cette séance des résultats d'expériences faites dans le but de dissiper les doutes, les incertitudes qui existent encore sur les relations et les dépendances que les différentes parties du sys-

tème nerveux ont entre elles, je présenterai à l'Académie quelques remarques à propos de la communication qui a été faite dans la dernière séance, par notre collègue M. Magendie, relativement au nerf facial.

» Si l'on admet comme certains, comme positifs, comme concluants, les résultats des nouvelles expériences de M. Magendie sur le nerf facial, nerf éminemment moteur, et sur les filets de la cinquième paire qui s'anastomosant avec ses branches, lui communiquent une partie de leur puissance sensitive, il y a une sorte de magnétisme, qu'on me passe l'expression, dit M. Roux, exercé par le nerf de la cinquième paire, nerf éminemment affecté à la sensibilité, sur le nerf facial partout où se continue l'association des filets du premier de ces nerfs avec les branches du second. Ne serait-ce que sous le point de vue physiologique, ce fait est d'une grande importance. Mais on peut en induire des conséquences et des applications pratiques. Quand même le nerf facial n'aurait que cette sensibilité d'emprunt, quand même il serait complétement dépourvu de toute sensibilité qui lui fût propre, il doit pouvoir être le siége de névralgies : c'est ce que M. Magendie reconnaît. Je me joins à lui pour combattre l'opinion de ceux qui, défenseurs trop absolus du partage des nerfs, en nerfs sensitifs et en nerfs moteurs, et déniant à ces derniers, non pas seulement le pouvoir de transmettre les impressions reçues par nos organes, mais aussi la faculté d'éprouver eux-mêmes des impressions, des sensations, de la douleur, déclarent impossibles les névralgies du nerf facial. Mais je ne puis croire avec M. Magendie qu'il n'y ait pas quelques chances pour employer avec succès contre ces névralgies, quelquefois si horribles, la section du nerf facial en-deçà et le plus près possible de sa sortie par le trou stylo-mastoïdien. Qu'il me soit permis de rapporter succinctement deux cas dans lesquels j'ai pratiqué cette section du nerf facial. C'est probablement à ces deux cas que M. Magendie a fait allusion, ce sont sans doute ces deux cas, dont il avait connaissance, et qu'il avait présents à l'esprit, quand il a parlé de tentatives de ce genre qui ne pouvaient guère avoir de résultats heureux.

» Avant cela je dirai : c'est peut-être se hasarder beaucoup, c'est être bien exclusif que de déclarer les nerfs moteurs non susceptibles absolument d'être le siége de névralgies. Ces nerfs, comme les autres, s'enflamment quelquefois, et la névrite est accompagnée de très vives douleurs : des tumeurs, des altérations organiques diverses s'y développent, et la douleur est un symptôme ordinaire de ces maladies. Pourquoi donc tous les nerfs indistinctement, les nerfs moteurs comme les nerfs sensitifs, ne pourraient-ils pas être affectés, modifiés accidentellement, de telle sorte que la

névralgie proprement dite en résultât? Pourquoi le nerf facial ne serait-il pas, lui, plus susceptible sous ce rapport que d'autres nerfs essentiellement moteurs, et cela indépendamment même de ses connexions avec le nerf de la cinquième paire, exposé qu'il est, comme celui-ci, à toutes les circonstances extérieures qui paraissent influer sur le développement et la fréquence des diverses névralgies faciales? Et d'ailleurs n'est-ce pas chose commune que la sensibilité, une sensibilité exquise, naisse, et qu'elle se traduise par de très vives douleurs, dans beaucoup de parties de l'organisation de l'homme et des animaux qu'on sait en être complétement dépourvues dans l'état naturel? Les nerfs chargés de transmettre le principe du mouvement feraient-ils seuls exception?

» Soit donc qu'elles dérivent d'une sensibilité dont jouirait en propre le nerf facial, soit seulement à cause d'nne sensibilité qu'il doit aux filets que le nerf de la cinquième paire lui envoie, ce nerf peut être le siége de névralgies, et de névralgies des plus violentes. Je crois avoir observé beaucoup de faits qui n'ont laissé aucun doute dans mon esprit à cet égard; et deux fois, mais deux fois seulement, je me suis décidé à entreprendre la section du nerf facial en-deçà du trou stylo-mastoïdien, et le plus près possible de cette ouverture. Je crois avoir eu le premier la pensée de cette opération, imitée de celles du même genre qui ont été faites depuis bien long-temps pour d'autres nerfs de la face. Je ne sache pas que d'autres chirurgiens se soient hasardés à la pratiquer depuis moi. La science n'avait pas encore consacré la distinction des nerfs sensitifs et des nerfs moteurs; et le nerf facial dût-il être dépossédé de toute aptitude à être le siége de névralgie, ou bien dût-on renoncer à faire la section de ce nerf, parce qu'elle offrirait trop peu de probabilités de succès, je ne mérite pas quelques reproches qui m'ont été adressés pour des tentatives, dont la première remonte à trente ans environ, et la seconde à plus de vingt. En voici d'ailleurs les résultats qui n'ont rien eu de décourageant.

» Ma première opération fut faite sur un homme qui avait déjà passé l'âge moyen de la vie. Sa névralgie avait tous les caractères d'une névralgie du nerf facial: il en était atteint depuis plusieurs années; ses souffrances étaient horribles. En même temps que je voulais couper le nerf près de sa sortie du crâne, j'avais résolu d'en retrancher une portion, et, pour cela, après des essais sur le cadavre, je m'étais décidé à le découvrir par une incision horizontale faite immédiatement au-dessous du lobe de l'oreille. A cause de l'embarras causé par la présence du sang, je ne sus pas bien si

j'avais fait parfaitement ce que je m'étais proposé de faire. Les douleurs ne cessèrent pas incontinent ou immédiatement après l'atteinte quelconque portée au nerf facial. C'est après quelques semaines qu'elles diminuèrent d'abord : puis, à sa grande surprise, comme à la mienne, le malade en fut complétement délivré.

» Le sujet du second cas était un jeune homme de vingt-cinq ans. On sait qu'une circonstance remarquable dans les névralgies, c'est qu'anéantie par des moyens quelconques dans une branche nerveuse qui en a été le siége primitif, la douleur renaît fort souvent dans un autre cordon nerveux. C'est ce qui eut lieu plusieurs fois chez ce jeune homme. Je lui avais déjà coupé le nerf frontal, puis le nerf sous-orbitaire, puis encore le nerf dentaire inférieur à sa sortie par le trou mentonnier, toutes branches nerveuses qui appartiennent à la cinquième paire, et dans lesquelles la névralgie s'était développée successivement, lorsque je crus être dans la nécessité d'attaquer le tronc du nerf facial dont les branches étaient devenues le siége de la douleur, toujours du même côté : c'était à droite. Je procédai autrement que je ne l'avais fait la première fois. C'est par une incision verticale, en cotoyant le bord postérieur de la mâchoire inférieure, et en pénétrant jusqu'à l'os, que je coupai ou que je dus couper les principales branches du nerf facial près de leur séparation. Il y eut encore cette fois, comme à la suite des premières opérations, cessation de la névralgie; mais, plus tard, elle se réfugia dans la narine droite, où elle devint inaccessible. Elle y affectait probablement le filet ethmoïdal du rameau nasal de l'ophtalmique de Willis.

» Sur l'observation faite par M. Magendie, qu'il serait curieux de savoir sur quel point a été pratiquée la section du tronc même ou des branches du nerf facial relativement à celui où viennent s'y adjoindre les filets de la cinquième paire, M. Roux ajoute : 1° que cette disposition anatomique présente des variétés et n'est point exactement la même chez tous les sujets; 2° qu'il n'est guère possible de procéder à une opération chirurgicale comme on procède à des expériences sur des animaux vivants, et d'agir avec la précision qu'exigeraient des recherches expérimentales. Il persiste à présenter les faits précédents comme propres à favoriser le retour des esprits vers la possibilité de névralgies du nerf facial. Il persiste pareillement à croire qu'il serait déraisonnable de vouer à l'oubli la section de ce nerf, bien qu'elle entraîne la paralysie du mouvement dans le côté correspondant de la face. »

Remarques de **M. Magendie** *sur la communication précédente.*

« C'est avec plaisir que je vois mon honorable confrère prendre part à ces débats. Rien n'est plus important pour la chirurgie que l'application des connaissances physiologiques fournies par la voie expérimentale; rien ne jette une plus vive lumière sur la pratique des opérations.

» D'abord, je dirai à mon savant confrère qu'il me prête une idée que j'ai eue autrefois, mais que mes expériences récentes m'ont forcé d'abandonner. Le nerf facial n'emprunte pas sa sensibilité de la cinquième paire, ainsi que je le pensais naguère; mais les filets de ce dernier nerf conservant leur propriété sensitive dans toute leur étendue, il est tout simple que les branches du nerf facial où ces filets s'associent, offrent la sensibilité, sans qu'il y ait entre eux une sorte de magnétisme.

» Je partage l'avis de mon confrère touchant la possibilité des névralgies du nerf facial, bien que je n'en aie jamais vu; mais d'après ce que je viens de dire, il est évident que ces névralgies sont encore des affections de la cinquième paire, et je persiste à penser que la section du tronc facial ne saurait les atteindre; les deux faits rapportés par M. Roux ne sont pas de nature à faire changer ma conviction. D'ailleurs, mon honorable confrère sait comme moi que la section ou l'ablation des nerfs, comme moyen curatif de névralgie, n'offre le plus souvent aucun résultat avantageux et ne saurait en avoir d'autres, puisqu'en général on ne s'attaque qu'aux divisions des nerfs tandis que le tronc et l'origine cérébrale restent intacts.

» Un nerf exclusivement moteur peut-il devenir le siége d'une névralgie? M. Roux semble le croire, mais il n'en donne aucune preuve. Moi, je n'en sais rien; j'attends à cet égard les résultats de l'observation. Mais je sais, pour l'avoir souvent expérimenté, que les nerfs moteurs de l'œil, qui sont bien des nerfs exclusivement moteurs, et peut-être les seuls avec le facial, sont à l'état sain d'une complète insensibilité ainsi que les nerfs spéciaux de la vue et de l'ouïe. Ces nerfs peuvent-ils devenir douloureux en dehors de l'influence qu'exerce sur eux la cinquième paire? Je ne dis pas la chose impossible, mais je n'en connais aucun exemple avéré, et mon honorable confrère n'en a point cité. »

M. **Tastu**, qui avait envoyé vers la fin de 1837 la copie d'une *carte marine* faite à Mayorque en 1439 par *Vallsequa*, prie l'Académie de hâter le rapport qu'il a demandé sur cette carte.

La Commission, composée de membres pris dans l'Académie des Sciences et dans l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, sera invitée à faire connaître le plus promptement possible les résultats de son examen.

M. de Mirbel dépose sur le bureau une lettre dans laquelle M. Eusèbe de Salles lui communique sommairement les observations qu'il a faites sur diverses branches de l'Histoire naturelle dans la *Syrie*, l'*Égypte* et la *Nubie*.

M. Passot, en adressant à l'Académie une brochure relative à des essais qu'il a faits au moyen du frein dynamométrique sur une turbine de son invention, annonce que ses expériences l'ont conduit à des conclusions différentes de celles qu'on admet en mécanique touchant les forces centrifuges.

M. Parrot adresse une lettre dans laquelle il réclame la priorité pour diverses questions de physique et de géologie.

M. de Grouchy, chargé d'affaires du gouvernement français à Turin, transmet, au nom de l'auteur, M. Mangosio, professeur à l'École vétérinaire de cette ville, un Éloge, en vers latins, de feu M. *Huzard*.

M. Favre rappelle qu'il n'a pas encore été fait de rapport sur une Note présentée par lui, et relative à un instrument qu'il désigne sous le nom de *Métrocycle*. Il annonce l'envoi prochain de l'appareil dont il s'était d'abord contenté de donner la description.

M. Duval présente des considérations sur la *rage*.

M. Fabre, à l'occasion d'une communication récente sur les moyens de se procurer de l'eau douce en mer, par la distillation, propose d'utiliser dans ce but la vapeur qui s'échappe des chaudières des navires à vapeur, en surmontant d'un chapiteau d'alambic le tuyau qui lui donne issue.

La séance est levée à cinq heures. F.

Erratum. (Séance du 3 juin.)

Page 881, ligne 13, Bonnaud, *lisez* Bonnand.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 22, in-4°.

Annales des Mines; 6e liv. de 1838, in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. Bajot et Poirré; mai 1839, n° 5, in-8°.

De l'influence des Chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire; par M. Séguin aîné; in-8°.

Annuaire des Sociétés par actions, anonymes, civiles et en commandite; par M. J. Bresson; année 1839, in-8°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; par M. A. Demidoff, 10e liv. in-8°.

Démonstration expérimentale sur l'Albumine et sur les substances inorganiques qui l'accompagnent; par M. Denis; in-8°. Adressé pour le concours Montyon. (Montpellier.)

Études sur les Plantes indigofères en général, et particulièrement sur le Polygonum tinctorium; *par* M. Joly; in-8°.

Nouvelles suites à Buffon (Phanérogames); tome 7, et 11e et 12e liv. de planches in-8°.

La Géologie et la Minéralogie considérées dans leurs rapports avec la Théologie naturelle; par M. Buckland; traduit de l'anglais par M. Joly; in-8°.

Essai sur le développement des véritables principes de l'Éducation; par M. G. Mackensie; Tours, 1839, in-16.

Troisième addition à l'exposition du principe et des propriétés de la Turbine Passot; in-4°.

Mémoire pour le deuxième supplément de brevet demandé le 20 *mars* 1839; *par* M. Legris; in-8°.

Défense de l'Impôt progressif contre M. F. de Corcelles *et autres; par* un Économiste-Géomètre; in-8°.

Journal des Sciences physiques, chimiques et Arts agricoles et industriels de France; par M. Julia de Fontenelle; avril 1839, in-8°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; juin 1839, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; 6e année, n° 12; juin 1839, in-8°.

Tableau synoptique présentant l'essai analytique, l'indication de quelques préparations pharmaceutiques et les propriétés médicinales d'une substance végétale nouvellement importée de l'Amérique du sud, et connue sous le nom de Monesia.

In funere amplissimi viri J.-B. Huzard Carmen, auctore C.-G. Mangosio *ab annono, chirurg. Dort. in reg. veterin. pedemont. schol.* Saviliani; in-8°.

Notice sur le genre Lepidosiren *de Fitzinger, formant un nouveau genre dans la classe des poissons, rapporté jusqu'à ce jour aux reptiles, et description d'une nouvelle espèce de ce genre, le* Lepidosiren Annectens; *par* M. Owen; in-8°. (En anglais.)

Proceedings... *Procès-verbaux de la Société royale d'Edimbourg;* 1838—1839, n° 15, in-8°.

The Athenæum, journal; n° 605.

Astronomische nachrichten.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; nos 378 et 379, in-4°.

Esercitazioni... *Exercices scientifiques et littéraires de l'Athénée de Venise;* tome 2; Venise, 1838, in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 25, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 67 et 68, in-4°.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 101.

La France industrielle; n° 10.

Programme des questions mises au concours par l'Académie royale de Metz, pour les prix à décerner en 1840.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — MAI 1839.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Maxim.	Minim.		
1	753,93	+16,6		752,71	+21,3		751,15	+22,6		751,26	+18,2		+23,7	+12,1	Nuageux.	N.E.
2	752,48	+16,9		752,63	+20,1		752,14	+21,0		752,92	+16,0		+21,9	+11,0	Serein	N. E.
3	753,52	+16,3		753,04	+17,9		753,32	+19,4		753,58	+14,2		+19,9	+ 9,0	Beau.	N. E.
4	753,28	+14,4		752,48	+17,1		750,99	+19,8		750,20	+15,6		+20,8	+ 8,3	Quelques nuages.	N.N. O.
5	748,41	+16,2		747,61	+19,2		746,60	+20,0		747,17	+17,4		+21,1	+12,3	Couvert.	E.
6	750,15	+18,8		750,71	+17,4		750,16	+20,8		752,05	+17,1		+21,8	+13,0	Gouttes de pluie.	E.
7	754,33	+20,3		753,81	+22,5		753,03	+22,5		751,89	+19,8		+24,5	+11,7	Serein.	E. S. E.
8	751,05	+22,5		750,30	+24,3		749,03	+25,7		749,48	+18,1		+26,5	+14,3	Beau.	E. S. E.
9	748,80	+20,4		747,98	+23,0		746,90	+22,2		745,87	+18,4		+23,7	+12,8	Voilé.	S. E.
10	747,42	+14,2		747,91	+15,9		748,15	+17,2		751,00	+14,0		+18,6	+13,0	Éclaircies	N. N. E.
11	754,90	+13,4		755,35	+15,6		754,59	+17,7		756,15	+11,6		+18,3	+10,4	Beau.	N. N. E.
12	755,35	+ 9,6		755,38	+ 9,7		755,18	+10,2		756,40	+ 7,8		+12,0	+ 6,0	Nuageux.	N. N. O.
13	754,29	+ 9,1		753,80	+ 9,8		751,99	+12,6		749,84	+ 8,9		+12,9	+ 5,6	Couvert.	N. O.
14	743,77	+10,3		744,21	+ 6,4		743,62	+ 7,0		745,40	+ 4,6		+11,0	+ 5,8	Pluie continuelle.	O. N. O.
15	744,70	+ 8,8		743,96	+12,3		743,82	+11,0		745,66	+ 6,2		+12,0	+ 1,3	Couvert.	S. O. fort.
16	745,35	+ 6,2		747,52	+ 5,8		748,35	+ 8,7		751,86	+ 6,2		+ 9,8	+ 4,2	Couvert	N. O.
17	757,91	+ 8,3		758,17	+11,1		758,36	+13,2		759,73	+11,0		+14,0	+ 1,2	Beau.	N.
18	761,44	+14,6		760,83	+14,9		759,93	+16,8		760,29	+11,8		+18,1	+ 4,1	Beau.	N. E. calme.
19	760,83	+17,0		761,05	+19,3		761,04	+18,5		761,66	+14,5		+19,7	+ 6,0	Couvert.	S. O.
20	762,43	+18,1		762,14	+20,2		761,39	+20,8		760,96	+17,2		+22,3	+10,1	Couvert.	N. faible.
21	759,58	+18,6		758,44	+20,4		757,07	+22,0		756,57	+16,3		+23,4	+12,0	Beau.	N. N. E.
22	754,08	+15,1		753,60	+15,6		754,25	+12,4		757,02	+ 8,4		+16,0	+ 7,0	Couvert.	N. O.
23	759,52	+ 8,6		759,35	+11,7		758,95	+11,8		758,23	+ 7,9		+12,6	+ 5,6	Couvert.	O. N. O.
24	753,94	+10,4		753,73	+10,2		754,28	+11,8		755,53	+ 8,9		+13,3	+ 6,1	Couvert.	N. O.
25	757,19	+ 9,0		757,55	+ 9,8		757,97	+10,8		759,66	+ 8,3		+10,7	+ 6,1	Couvert.	N. O.
26	760,70	+ 9,4		760,65	+11,7		760,77	+12,8		760,90	+10,5		+13,0	+ 4,0	Couvert.	N. N.E.
27	760,97	+13,5		760,54	+16,4		759,88	+17,8		760,42	+13,8		+18,9	+ 5,0	Nuageux.	N.
28	760,50	+14,0		759,75	+17,8		759,10	+20,0		759,11	+16,8		+20,9	+ 7,3	Beau.	N.
29	758,06	+18,5		758,42	+20,7		757,01	+22,7		756,12	+19,5		+23,7	+11,1	Beau.	E. N. E.
30	754,73	+21,4		753,95	+24,1		752,76	+25,4		753,14	+20,0		+26,6	+14,8	Nuageux	N. E.
31	752,54	+21,2		751,77	+24,4		750,93	+23,0		752,04	+18,5		+26,6	+13,4	Nuageux.	E.
1	751,34	+17,7		750,92	+19,9		750,15	+21,1		750,54	+16,9		+22,2	+11,7	Moyenne du 1er au 10	Pluie en centim.,
2	754,10	+11,5		754,24	+12,5		753,83	+13,6		754,79	+10,0		+15,0	+ 5,5	Moyenne du 11 au 20	Cour. 3,382
3	757,53	+14,5		757,01	+16,6		756,63	+17,3		757,16	+13,5		+18,7	+ 8,4	Moyenne du 21 au 31	Terr.. 3,042
	754,42	+14,6		754,15	+16,3		753,63	+17,0		754,26	+13,5		+18,7	+ 8,5	Moyennes du mois.	+ 13,6

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUIN 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Suite du Mémoire sur l'intégration des équations linéaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ V. *Application des principes exposés dans le paragraphe précédent à l'intégration des équations qui représentent les mouvements infiniment petits de divers points matériels.*

« Lorsque l'on recherche les lois des mouvements infiniment petits de divers points matériels dont le nombre est limité ou illimité, les équations différentielles ou aux différences partielles que fournissent les principes de la mécanique ne contiennent généralement d'autres dérivées relatives au temps que des dérivées du second ordre, dont les coefficients se réduisent à l'unité. Il est donc utile d'appliquer en particulier les théorèmes 3e et 4e du paragraphe précédent, au cas où l'on aurait

$$n' = n'' = n''' = \ldots = 2.$$

Si dans ce cas on désigne par n, non plus la somme

$$n' + n'' + n''' + \ldots,$$

mais le nombre des variables principales

$$\xi, \eta, \zeta, \ldots$$

on obtiendra, au lieu du 3e théorème du § IV, la proposition suivante.

» *Théorème.* Soient données entre n variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta, \ldots$$

et les variables indépendantes

$$x,\ y,\ z,\ t;$$

n équations linéaires aux différences partielles et à coefficients constants, qui renferment avec les variables principales et leurs dérivées de divers ordres obtenues par des différenciations relatives aux coordonnées x, y, z, les dérivées du second ordre relatives au temps t, savoir,

$$D_t^2 \xi,\ D_t^2 \eta,\ D_t^2 \zeta, \ldots$$

les coefficients de ces dernières dérivées étant égaux à l'unité. Supposons d'ailleurs les variables principales $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ assujéties non-seulement à vérifier, quel que soit t, les équations données, mais aussi à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

$$(1) \quad \begin{cases} \xi = \varphi(x,y,z), & \eta = \chi(x,y,z), & \zeta = \psi(x,y,z), \ldots\ldots \\ D_t\xi = \Phi(x,y,z), & D_t\eta = X(x,y,z), & D_t\zeta = \Psi(x,y,z) \ldots\ldots \end{cases}$$

Soient encore

$$(2) \qquad \nabla = 0$$

l'équation en D_x, D_y, D_z, D_t, résultant de l'élimination de $\xi, \eta, \zeta, \ldots$ entre les équations données, et

$$(3) \qquad S = 0$$

l'équation caractéristique en laquelle se transforme la précédente, quand on y remplace les notations

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

par

$$u = \mathrm{u}\sqrt{-1},\ v = \mathrm{v}\sqrt{-1},\ w = \mathrm{w}\sqrt{-1},\ s;$$

la fonction ∇ étant du degré $2n$ par rapport à D_t, et choisie de manière que le coefficient de D_t^{2n} se réduise à l'unité. Enfin soit

$$\varpi(x,\ y,\ z)$$

l'une quelconque des fonctions

$$\varphi(x,y,z),\ \chi(x,y,z),\ \psi(x,y,z), \ldots\ \Phi(x,y,z),\ X(x,y,z),\ \Psi(x,y,z) \ldots$$

Nommons ϖ la fonction principale déterminée par la formule

$$(4) \quad \varpi = \mathcal{E} \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ux+vy+wz+st}}{((S))}\, \varpi(\lambda,\mu,\nu) \frac{d\lambda\, d\mathrm{u}}{2\pi}\frac{d\mu\, d\mathrm{v}}{2\pi}\frac{d\nu\, d\mathrm{w}}{2\pi},$$

par conséquent une fonction assujétie, 1° à vérifier, quel que soit t, l'équation aux différences partielles

(5) $$\nabla\varpi = 0;$$

2° à vérifier, pour $t = 0$, les conditions

(6) $$\varpi=0,\ D_t\varpi = 0,\ D_t^2\varpi = 0, \ldots\ D_t^{2n-2}\varpi = 0,\ D_t^{2n-1}\varpi = \varpi(x, y, z);$$

et désignons par

$$\varphi,\ \chi,\ \psi, \ldots\ \Phi,\ X,\ \Psi, \ldots$$

ce que devient ϖ quand on réduit $\varpi(x, y, z)$ à l'une des fonctions

$$\varphi(x,y,z),\ \chi(x,y,z),\ \psi(x,y,z), \ldots\ \Phi(x,y,z),\ X(x,y,z),\ \Psi(x,y,z) \ldots.$$

Pour intégrer les équations linéaires données, de manière à remplir toutes les conditions requises, il suffira d'y remplacer les dérivées du second ordre

$$D_t^2\xi,\ D_t^2\eta,\ D_t^2\zeta, \ldots$$

par les différences

$$D_t^2\xi - \nabla(\Phi + D_t\varphi),\quad D_t^2\eta - \nabla(X + D_t\chi),\quad D_t^2\zeta - \nabla(\Psi + D_t\psi), \ldots$$

puis de résoudre par rapport à

$$\xi,\ \eta,\ \zeta, \ldots$$

les nouvelles équations ainsi obtenues, en opérant comme si les notations

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

désignaient des quantités véritables.

» *Applications.* Les équations qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système homogène de molécules sont de la forme

$$\begin{aligned}(L - D_t^2)\xi + R\eta + Q\zeta &= 0,\\ R\xi + (M - D_t^2)\eta + P\zeta &= 0,\\ Q\xi + P\eta + (N - D_t^2)\zeta &= 0,\end{aligned}$$

ξ, η, ζ étant les déplacements d'une molécule mesurés parallèlement aux axes coordonnés, et les lettres

$$L,\ M,\ N,\ P,\ Q,\ R,$$

désignant des fonctions entières des caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z.$$

Or concevons que l'on veuille intégrer ces équations de manière à vérifier,

pour $t = 0$, les six conditions

$$\xi = \varphi(x,y,z), \quad \eta = \chi(x,y,z), \quad \zeta = \psi(x,y,z),$$
$$D_t\xi = \Phi(x,y,z), \quad D_t\eta = X(x,y,z), \quad D_t\zeta = \Psi(x,y,z);$$

par conséquent, en supposant connues les valeurs initiales des déplacements et des vitesses de chaque molécule suivant des directions parallèles aux axes des x, y, z. En appliquant le théorème ci-dessus énoncé à la recherche des valeurs générales de ξ, η, ζ, et nommant

$$\mathcal{L},\ \mathcal{M},\ \mathcal{N},\ \mathcal{P},\ \mathcal{Q},\ \mathcal{R},$$

ce que deviennent

$$L,\ M,\ N,\ P,\ Q,\ R,$$

quand on y remplace

$$D_x,\ D_y,\ D_z \text{ par } u,\ v,\ w,$$

on trouvera

$$\nabla = (D_t^2 - L)(D_t^2 - M)(D_t^2 - N) - P^2(D_t^2 - L) - Q^2(D_t^2 - M) - R^2(D_t^2 - N) - 2PQR,$$
$$\mathcal{S} = (s^2 - \mathcal{L})(s^2 - \mathcal{M})(s^2 - \mathcal{N}) - \mathcal{P}^2(s^2 - \mathcal{L}) - \mathcal{Q}^2(s^2 - \mathcal{M}) - \mathcal{R}^2(s^2 - \mathcal{N}) - 2\mathcal{P}\mathcal{Q}\mathcal{R}.$$

Cela posé, soient

$$\varpi$$

la fonction principale, déterminée par l'équation (4), et

$$\varphi,\ \chi,\ \psi,\ \Phi,\ X,\ \Psi,$$

ce que devient cette fonction principale, quand on remplace

$$\varpi(x,y,z)$$

par l'une des fonctions initiales

$$\varphi(x,y,z),\ \chi(x,y,z),\ \psi(x,y,z),\ \Phi(x,y,z),\ X(x,y,z),\ \Psi(x,y,z).$$

Pour intégrer les équations données, de manière à remplir toutes les conditions requises, il suffira de résoudre par rapport à

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

les équations présentées sous les formes

$$(D_t^2 - L)\xi - R\eta - Q\zeta = \nabla(\Phi + D_t\varphi),$$
$$-R\xi + (D_t^2 - M)\eta - P\zeta = \nabla(X + D_t\chi),$$
$$-Q\xi - P\eta + (D_t^2 - N)\zeta = \nabla(\Psi + D_t\psi),$$

en opérant comme si D_x, D_y, D_z, D_t étaient de véritables quantités. Alors, en posant pour abréger,

$$\mathfrak{L} = (D_t^2 - M)(D_t^2 - N) - P^2,\quad \mathfrak{M} = (D_t^2 - N)(D_t^2 - L) - Q^2,\quad \mathfrak{N} = (D_t^2 - L)(D_t^2 - M) - R^2,$$
$$\mathfrak{P} = P(D_t^2 - L) + QR,\quad \mathfrak{Q} = Q(D_t^2 - M) + RP,\quad \mathfrak{R} = R(D_t^2 - N) + PQ,$$

on trouvera

$$\xi = \mathrm{D}_t(\mathfrak{L}\varphi + \mathfrak{N}\chi + \mathfrak{Q}\psi) + (\mathfrak{L}\Phi + \mathfrak{N}\mathrm{X} + \mathfrak{Q}\Psi),$$
$$\eta = \mathrm{D}_t(\mathfrak{N}\varphi + \mathfrak{M}\chi + \mathfrak{P}\psi) + (\mathfrak{N}\Phi + \mathfrak{M}\mathrm{X} + \mathfrak{P}\Psi),$$
$$\zeta = \mathrm{D}_t(\mathfrak{Q}\varphi + \mathfrak{P}\chi + \mathfrak{N}\psi) + (\mathfrak{Q}\Phi + \mathfrak{P}\mathrm{X} + \mathfrak{N}\Psi).$$

Telles sont effectivement, sous leur forme la plus simple, les équations des mouvements infiniment petits d'un système homogène de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle.

» Considérons maintenant deux systèmes de molécules qui se pénètrent mutuellement. Les équations de leurs mouvements infiniment petits seront de la forme

$$(\mathrm{L} - \mathrm{D}_t^2)\xi + \mathrm{R}\eta + \mathrm{Q}\zeta + \mathrm{L}_{\prime}\xi_{\prime} + \mathrm{R}_{\prime}\eta_{\prime} + \mathrm{Q}_{\prime}\zeta_{\prime} = 0,$$
$$\mathrm{R}\xi + (\mathrm{M} - \mathrm{D}_t^2)\eta + \mathrm{P}\zeta + \mathrm{R}_{\prime}\xi_{\prime} + \mathrm{M}_{\prime}\eta_{\prime} + \mathrm{P}_{\prime}\zeta_{\prime} = 0,$$
$$\mathrm{Q}\xi + \mathrm{P}\eta + (\mathrm{N} - \mathrm{D}_t^2)\zeta + \mathrm{Q}_{\prime}\xi_{\prime} + \mathrm{P}_{\prime}\eta_{\prime} + \mathrm{N}_{\prime}\zeta_{\prime} = 0,$$
$${}_{\prime}\mathrm{L}\xi + {}_{\prime}\mathrm{R}\eta + {}_{\prime}\mathrm{Q}\zeta + (\mathrm{L}_{\prime\prime} - \mathrm{D}_t^2)\xi_{\prime} + \mathrm{R}_{\prime\prime}\eta_{\prime} + \mathrm{Q}_{\prime\prime}\zeta_{\prime} = 0,$$
$${}_{\prime}\mathrm{R}\xi + {}_{\prime}\mathrm{M}\eta + {}_{\prime}\mathrm{P}\zeta + \mathrm{R}_{\prime\prime}\xi + (\mathrm{M}_{\prime\prime} - \mathrm{D}_t^2)\eta_{\prime} + \mathrm{P}_{\prime\prime}\zeta_{\prime} = 0,$$
$${}_{\prime}\mathrm{Q}\xi + {}_{\prime}\mathrm{P}\eta + {}_{\prime}\mathrm{N}\zeta + \mathrm{Q}_{\prime\prime}\xi + \mathrm{P}_{\prime\prime}\eta_{\prime} + (\mathrm{N}_{\prime\prime} - \mathrm{D}_t^2)\zeta_{\prime} = 0,$$

ξ, η, ζ, ou $\xi_{\prime}$, $\eta_{\prime}$, $\zeta_{\prime}$, étant les déplacements d'une molécule du premier ou du second système mesurés parallèlement aux axes coordonnés, et les lettres

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ \mathrm{N},\ \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ \mathrm{R},\ \mathrm{L}_{\prime},\ \mathrm{M}_{\prime},\ \text{etc.},$$

indiquant des fonctions entières des caractéristiques

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_z.$$

Or supposons que les coefficients des différents termes proportionnels à D_x, D_y, D_z ou à leurs puissances soient, dans ces mêmes fonctions, regardés comme constants, ce qu'on peut admettre, au moins dans une première approximation, lorsque chaque système de molécule est homogène, et que le rayon de la sphère d'activité d'une molécule est très petit. Concevons d'ailleurs que l'on veuille intégrer les six équations données, dont chacune est du second ordre, de manière à vérifier, pour $t = 0$, les douze conditions

$$\xi = \varphi(x,y,z), \quad \eta = \chi(x,y,z), \quad \zeta = \psi(x,y,z);$$
$$\xi_{\prime} = \varphi_{\prime}(x,y,z), \quad \eta_{\prime} = \chi_{\prime}(x,y,z), \quad \zeta_{\prime} = \psi_{\prime}(x,y,z);$$
$$\mathrm{D}_t\xi = \Phi(x,y,z), \quad \mathrm{D}_t\eta = \mathrm{X}(x,y,z), \quad \mathrm{D}_t\zeta = \Psi(x,y,z);$$
$$\mathrm{D}_t\xi_{\prime} = \Phi_{\prime}(x,y,z), \quad \mathrm{D}_t\eta_{\prime} = \mathrm{X}_{\prime}(x,y,z), \quad \mathrm{D}_t\zeta_{\prime} = \Psi_{\prime}(x,y,z);$$

par conséquent, en supposant connues les valeurs initiales des déplacements et des vitesses de chaque molécule, suivant des directions parallèles aux axes des x, y, z. En appliquant le théorème ci-dessus énoncé à la recherche des valeurs générales de

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \xi_{\prime},\ \eta_{\prime},\ \zeta_{\prime},$$

et nommant

$$\mathcal{L},\ \mathcal{M},\ \mathcal{N},\ \mathcal{P},\ \mathcal{Q},\ \mathcal{R},\ \mathcal{L}_{\prime},\ \mathcal{M}_{\prime},\ \text{etc.},\ldots\ \mathcal{Q}_{\prime\prime},\ \mathcal{R}_{\prime\prime},$$

ce que deviennent

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ \mathrm{N},\ \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ \mathrm{R},\ \mathrm{L}_{\prime},\ \mathrm{M}_{\prime},\ \text{etc.},\ldots\ \mathrm{Q}_{\prime\prime},\ \mathrm{R}_{\prime\prime},$$

quand on y remplace

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_z \text{ par } u,\ v,\ w,$$

on trouvera

$$\nabla = (\mathrm{D}_t^2-\mathrm{L})\,(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{M})\,(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{N})\,(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{L}_{\prime\prime})\,(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{M}_{\prime\prime})\,(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{N}_{\prime\prime})-\text{etc}\ldots$$

$$S = (s^2-\mathcal{L})\,(s^2-\mathcal{M})\,(s^2-\mathcal{N})\,(s^2-\mathcal{L}_{\prime\prime})\,(s^2-\mathcal{M}_{\prime\prime})\,(s^2-\mathcal{N}_{\prime\prime})-\text{etc}\ldots$$

Cela posé, soient

$$\varpi$$

la fonction principale déterminée par l'équation (4), et

$$\varphi,\ \chi,\ \psi,\quad \varphi_{\prime},\ \chi_{\prime},\ \psi_{\prime},$$
$$\Phi,\ \mathrm{X},\ \Psi,\quad \Phi_{\prime},\ \mathrm{X}_{\prime},\ \Psi_{\prime},$$

ce que devient cette fonction principale quand on remplace

$$\varpi(x,y,z)$$

par l'une des fonctions initiales

$$\varphi(x,y,z),\ \chi(x,y,z),\ \psi(x,y,z),\ \varphi_{\prime}(x,y,z),\ \chi_{\prime}(x,y,z),\ \psi_{\prime}(x,y,z),$$
$$\Phi(x,y,z),\ \mathrm{X}(x,y,z),\ \Psi(x,y,z),\ \Phi_{\prime}(x,y,z),\ \mathrm{X}_{\prime}(x,y,z),\ \Psi_{\prime}(x,y,z).$$

Pour intégrer les équations données de manière à remplir toutes les conditions requises, il suffira de résoudre par rapport à

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \xi_{\prime},\ \eta_{\prime},\ \zeta_{\prime},$$

ces équations présentées sous les formes

$$\begin{aligned}
(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{L})\,\xi-\mathrm{R}\eta-\mathrm{Q}\zeta-\mathrm{L}_{\prime}\xi_{\prime}-\mathrm{R}_{\prime}\eta_{\prime}-\mathrm{Q}_{\prime}\zeta_{\prime} &= \nabla\,(\Phi+\mathrm{D}_t\varphi),\\
-\mathrm{R}\xi+(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{M})\eta-\mathrm{P}\zeta-\mathrm{R}_{\prime}\xi_{\prime}-\mathrm{M}_{\prime}\eta_{\prime}-\mathrm{P}_{\prime}\zeta_{\prime} &= \nabla\,(\mathrm{X}+\mathrm{D}_t\chi),\\
-\mathrm{Q}\xi-\mathrm{P}\eta+(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{N})\zeta-\mathrm{Q}_{\prime}\xi_{\prime}-\mathrm{P}_{\prime}\eta_{\prime}-\mathrm{N}_{\prime}\zeta_{\prime} &= \nabla\,(\Psi+\mathrm{D}_t\psi),\\
-{}_{\prime}\mathrm{L}\xi-{}_{\prime}\mathrm{R}\eta-{}_{\prime}\mathrm{Q}\zeta+(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{L}_{\prime\prime})\,\xi_{\prime}-\mathrm{R}_{\prime\prime}\eta_{\prime}-\mathrm{Q}_{\prime\prime}\zeta_{\prime} &= \nabla\,(\Phi_{\prime}+\mathrm{D}_t\varphi_{\prime}),\\
-{}_{\prime}\mathrm{R}\xi-{}_{\prime}\mathrm{M}\eta-{}_{\prime}\mathrm{P}\zeta-\mathrm{R}_{\prime\prime}\xi_{\prime}+(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{M}_{\prime\prime})\eta_{\prime}-\mathrm{P}_{\prime\prime}\zeta_{\prime} &= \nabla\,(\mathrm{X}_{\prime}+\mathrm{D}_t\chi_{\prime}),\\
-{}_{\prime}\mathrm{Q}\xi-{}_{\prime}\mathrm{P}\eta-{}_{\prime}\mathrm{N}\zeta-\mathrm{Q}_{\prime\prime}\xi_{\prime}-\mathrm{P}_{\prime\prime}\eta_{\prime}+(\mathrm{D}_t^2-\mathrm{N}_{\prime\prime})\,\zeta_{\prime} &= \nabla\,(\Psi_{\prime}+\mathrm{D}_t\psi_{\prime}).
\end{aligned}$$

En opérant comme si

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

étaient de véritables quantités. On trouvera de cette manière

$$\begin{aligned}
\xi &= \mathfrak{L}(\Phi+D_t\varphi)+\mathfrak{R}(X+D_t\chi)+\mathfrak{Q}(\Psi+D_t\psi)+\mathfrak{L}_{,}(\Phi_{,}+D_t\varphi_{,})+\mathfrak{R}_{,}(X_{,}+D_t\chi_{,})+\mathfrak{Q}_{,}(\Psi_{,}+D_t\psi_{,}),\\
\eta &= \mathfrak{R}(\Phi+D_t\varphi)+\mathfrak{M}(X+D_t\chi)+\mathfrak{P}(\Psi+D_t\psi)+\mathfrak{R}_{,}(\Phi_{,}+D_t\varphi_{,})+\mathfrak{M}_{,}(X_{,}+D_t\chi_{,})+\mathfrak{P}_{,}(\Psi_{,}+D_t\psi_{,}),\\
\zeta &= \mathfrak{Q}(\Phi+D_t\varphi)+\mathfrak{P}(X+D_t\chi)+\mathfrak{N}(\Psi+D_t\psi)+\mathfrak{Q}_{,}(\Phi_{,}+D_t\varphi_{,})+\mathfrak{P}_{,}(X_{,}+D_t\chi_{,})+\mathfrak{N}_{,}(\Psi_{,}+D_t\psi_{,}),\\
\xi_{,} &= {}_{,}\mathfrak{L}(\Phi+D_t\varphi)+{}_{,}\mathfrak{R}(X+D_t\chi)+{}_{,}\mathfrak{Q}(\Psi+D_t\psi)+\mathfrak{L}_{,,}(\Phi_{,}+D_t\varphi_{,})+\mathfrak{R}_{,,}(X_{,}+D_t\chi_{,})+\mathfrak{Q}_{,,}(\Psi_{,}+D_t\psi_{,}),\\
\eta_{,} &= {}_{,}\mathfrak{R}(\Phi+D_t\varphi)+{}_{,}\mathfrak{M}(X+D_t\chi)+{}_{,}\mathfrak{P}(\Psi+D_t\psi)+\mathfrak{R}_{,,}(\Phi_{,}+D_t\varphi_{,})+\mathfrak{M}_{,,}(X_{,}+D_t\chi_{,})+\mathfrak{P}_{,,}(\Psi_{,}+D_t\psi_{,}),\\
\zeta_{,} &= {}_{,}\mathfrak{Q}(\Phi+D_t\varphi)+{}_{,}\mathfrak{P}(X+D_t\chi)+{}_{,}\mathfrak{N}(\Psi+D_t\psi)+\mathfrak{Q}_{,,}(\Phi_{,}+D_t\varphi_{,})+\mathfrak{P}_{,,}(X_{,}+D_t\chi_{,})+\mathfrak{N}_{,,}(\Psi_{,}+D_t\psi_{,}),
\end{aligned}$$

les lettres

$$\mathfrak{L},\ \mathfrak{M},\ \mathfrak{N},\ \mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ \mathfrak{R};\ \mathfrak{L}_{,},\ \mathfrak{M}_{,},\ldots\ \mathfrak{Q}_{,,},\ \mathfrak{R}_{,,},$$

indiquant des fonctions entières des caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

et la forme de ces nouvelles fonctions se déduisant immédiatement de celle des fonctions représentées par

$$L,\ M,\ N,\ P,\ Q,\ R,\ L_{,},\ M_{,},\ldots\ Q_{,,},\ R_{,,}.$$ »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur les mouvements infiniment petits dont les équations présentent une forme indépendante de la direction des trois axes coordonnés, supposés rectangulaires, ou seulement de deux de ces axes; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

Considérations générales.

« Comme on l'a vu dans les précédents Mémoires, les mouvements infiniment petits, d'un ou de plusieurs systèmes de molécules, peuvent être représentés par des équations linéaires aux différences partielles entre trois variables principales, savoir, les déplacements d'une molécule, mesurés parallèlement à trois axes coordonnés rectangulaires, et quatre variables indépendantes, savoir, les coordonnées et le temps. Il y a plus: dans ces équations, les coefficients des variables principales et de leurs dérivées deviennent constants, lorsque l'on considère un système unique et homogène de molécules, ou bien encore, lorsque l'on considère deux systèmes homogènes de molécules, et que l'on s'arrête à une première approximation. Dans l'un ou l'autre cas, les coefficients dont il s'agit, et par conséquent la forme des équations linéaires dépendront en général,

non-seulement de la nature du système ou des systèmes moléculaires; mais encore de la direction des axes coordonnés. Néanmoins il n'en est pas toujours ainsi. La constitution du système ou des systèmes de molécules donnés, peut être telle que les coefficients renfermés dans les équations des mouvements infiniment petits ne soient pas altérés quand on fait tourner d'une manière quelconque les trois axes coordonnés autour de l'origine; et alors il est clair que la propagation de ces mouvements devra s'effectuer en tout sens suivant les mêmes lois. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsque le son se propage dans un gaz ou dans un liquide. C'est ce qui arrivera encore, si l'un des systèmes de molécules donnés étant le fluide éthéré, l'autre système compose ce que dans la théorie de la lumière nous appelons un corps *isophane*. Ce n'est pas tout: la constitution du système ou des systèmes de molécules donnés, peut être telle que les coefficients renfermés dans les équations des mouvements infiniment petits, ne soient pas altérés, quand l'un des axes coordonnés demeurant fixe, on fait tourner les deux autres autour du premier; et alors il est clair que la propagation du mouvement devra s'effectuer en tous sens suivant les mêmes lois, non plus autour d'un point quelconque, mais seulement autour de tout axe parallèle à l'axe fixe. C'est ce qui arrivera, par exemple, si le premier système de molécules étant le fluide éthéré, l'autre système compose ce qu'on nomme dans la théorie de la lumière un cristal à un seul axe optique. Il est donc important d'examiner ce que deviendront les équations des mouvements infiniment petits d'un ou de deux systèmes homogènes de molécules, quand elles acquerront la propriété de ne pouvoir être altérées, tandis que l'on fera tourner les trois axes coordonnés autour de l'origine, ou bien encore deux de ces axes autour du troisième supposé fixe. J'ai déjà traité cette question, en considérant un seul système de molécules, 1° pour le cas où les équations sont homogènes, dans les *Exercices de Mathématiques;* 2° pour le cas général, dans un Mémoire relatif à la *Théorie de la Lumière*, et lithographié sous la date d'août 1836. Mais d'une part ce dernier Mémoire, tiré à un petit nombre d'exemplaires, est assez rare aujourd'hui, et d'ailleurs, en réfléchissant de nouveau sur la même question, je suis parvenu à rendre la solution plus simple. J'ai donc tout lieu d'espérer que les géomètres accueilleront encore avec intérêt ce nouveau Mémoire, qui permettra d'établir et d'exposer facilement quelques-unes des théories les plus délicates de la *Physique mathématique*.

» Parmi les quatre paragraphes dont le Mémoire se compose, le premier est consacré au développement de quelques théorèmes relatifs à la transformation des coordonnées rectangulaires, le second à la recherche des conditions nécessaires pour qu'une fonction de deux ou de trois coordonnées rectangulaires, reste indépendante de la direction des axes coordonnés; et c'est la connaissance de ces conditions qui me conduit dans les paragraphes suivants, à la solution de la question ci-dessus indiquée. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les moyens à employer pour évaluer la température des végétaux; par* M. BECQUEREL.

« Aussitôt après que j'eus fait l'application des effets thermo-électriques à la détermination de la température des parties intérieures de l'homme et des animaux, j'essayai du même mode d'expérimentation pour évaluer celle des végétaux. Le procédé général consiste dans l'emploi de deux aiguilles parfaitement semblables, composées chacune de deux autres aiguilles : l'une d'acier et l'autre de cuivre, soudées par un de leurs bouts, tandis que les bouts libres sont mis en communication, savoir : les bouts acier avec un fil du même acier, et les bouts cuivre avec les deux extrémités du fil qui forme le circuit d'un multiplicateur. Quand la température est la même aux deux soudures, l'aiguille aimantée reste dans sa position d'équilibre; mais pour peu qu'il y ait une différence d'un dixième de degré, la déviation indique cette différence. Il résulte de là, qu'en maintenant à une température constante et connue, l'une des soudures, on peut, au moyen d'une table qui donne les rapports entre les déviations de l'aiguille et les différences de température, trouver la température de la soudure qui est variable.

» Dans l'homme et les animaux dont la température intérieure est bien supérieure à celle de l'air ambiant, on place une des soudures dans un appareil à température constante, marquant 38 degrés, et l'autre est introduite, par le procédé de l'acupuncture, dans la partie que l'on veut explorer.

» Lorsque je voulus appliquer ce procédé aux végétaux, je reconnus sur-le-champ l'impossibilité de me servir d'un appareil à température constante, en raison de la faible différence de température qui devait exister entre celles de l'air et des végétaux, l'appareil employé pour les animaux exigeant une différence d'un certain nombre de degrés pour être employé avec avantage.

» Désirant cependant résoudre la question pour les végétaux, comme je l'avais fait conjointement avec M. Breschet pour les animaux, je proposai à M. de Mirbel de se joindre à moi, il y a deux ans, pour faire les expériences au Jardin des Plantes. Il accepta ma proposition, et mit aussitôt à ma disposition les arbustes qui pouvaient nous être utiles. Je ne tardai pas à apercevoir toutes les difficultés que j'avais à vaincre pour arriver au but désiré : on commença par percer un arbuste avec un foret très délié, afin d'y introduire une des soudures. L'aiguille introduite ne tarda pas à être altérée, ce qui produisit un courant électro-chimique. Pour remédier à cet inconvénient, les aiguilles furent recouvertes de plusieurs couches de vernis à la gomme laque; quant à l'autre soudure, elle était restée dans l'air, où la température était sensiblement constante; mais le rayonnement n'étant pas le même aux deux soudures, puisque l'une était recouverte par le tissu ligneux et que l'autre était à l'air libre, il en résulta des effets complexes qu'il fallait écarter, sans quoi il n'y avait pas moyen de déterminer la température des végétaux. M. de Mirbel me proposa alors d'opérer au milieu du Jardin des Plantes, en plaçant l'appareil dans la cabane d'un jardinier : j'acceptai son offre; en entrant, je vis un arbre en pleine végétation (un acacia, je crois), et à côté une branche détachée du même arbre; il me vint aussitôt dans l'idée, pour éviter la différence de rayonnement, qui était un obstacle au succès des expériences, de mettre une des soudures dans l'arbre vivant et l'autre dans la branche morte du même arbre, et ayant sensiblement le même diamètre. Cette expérience, que la théorie indiquait, réussit parfaitement, et nous observâmes en peu de temps une différence entre la température de l'arbre vivant et celle de l'arbre mort. Le jardinier fut chargé de noter les déviations de l'aiguille aimantée de deux heures en deux heures, mais je m'aperçus le lendemain que, malgré son intelligence, il avait introduit dans les observations tant de causes d'erreur, qu'il fallut y renoncer, me promettant d'y revenir aussitôt que des travaux d'un autre genre, que j'avais commencés, seraient terminés.

» L'année dernière, M. Dutrochet me demanda quelques renseignements sur les moyens à employer pour déterminer la température des végétaux; je lui communiquai tout ce que j'avais fait à ce sujet, en l'engageant à se servir de mes procédés, qui pouvaient le conduire à la solution de la question. Je vois avec le plus vif plaisir qu'il en a fait usage, et que les observations qu'il a déjà recueillies serviront aux progrès de la physiologie végétale. Je ne doute pas que le Mémoire qu'il va publier inces-

samment, ne renferme les détails que je viens de communiquer à l'Académie et qui n'ont pu trouver place dans la note, d'ailleurs très succincte, lue dans la dernière séance. »

EMBRYOLOGIE. — *Recherches sur l'appareil respiratoire branchial de l'embryon humain, dans les trois premiers mois de son développement; par* M. SERRES.

« Depuis les premières recherches positives sur l'ovologie et l'embryologie de l'homme, les anatomistes et les physiologistes s'occupent de savoir comment s'opère la respiration de l'embryon, depuis son arrivée dans l'utérus jusqu'à la formation du placenta.

» Parmi les hypothèses imaginées à ce sujet, nulle n'avait approché de la solution de ce problème fondamental de la vie embryonnaire, quand, en 1825, M. Ratké découvrit de petites fissures sur les parties latérales du cou des jeunes embryons. La ressemblance de ces fissures avec l'appareil branchial d'un poisson (le *Blennius vivipare*), lui fit supposer que leur usage était analogue; de là le nom de *fissures branchiales*, par lequel cet habile anatomiste les désigna.

» La découverte des fissures branchiales de l'embryon fut reçue en Allemagne avec d'autant plus d'éclat qu'elle semblait répondre à l'un des plus pressants besoins de la physiologie embryonnaire. Comme la plupart des anatomistes, je m'empressai de les étudier avec soin dans les quatre classes des vertébrés, et l'un des premiers j'élevai des doutes, non sur leur existence qui est incontestable, mais bien sur leur usage qui me parut problématique. Aujourd'hui que de nouvelles recherches, que j'exposerai dans ce travail, m'ont fait connaître la nature de ces fissures, je crois pouvoir dire avec certitude qu'elles sont étrangères à la respiration de l'embryon. Il suit de là que nous en sommes encore à nous demander comment s'opère cette fonction, depuis l'arrivée de l'œuf dans l'utérus jusqu'à l'époque de la formation du placenta.

» Cet état d'imperfection de la physiologie embryonnaire aurait lieu de surprendre, au milieu des découvertes nombreuses dont l'ovologie s'est enrichie dans ces derniers temps, si nous ne rappelions qu'en physiologie on ne peut asseoir quelques données probables sur l'usage des parties, que lorsque l'anatomie a déterminé avec précision toutes les conditions de leur existence : or, ce n'est que de nos jours que les diverses conditions d'existence des enveloppes de l'embryon sont étudiées

avec soin, parce que ce n'est que de nos jours que l'on a reconnu que la physiologie devait être le but des recherches anatomiques en ovologie et en embryogénie.

» On conçoit, en effet, que si les fonctions de l'embryon se modifient selon les périodes diverses de son développement, les organismes qui concourent à leur exécution doivent subir des modifications correspondantes. Sans cette harmonie des diverses parties les unes à l'égard des autres, le but qu'elles concourent à remplir serait manqué.

» De la nécessité de cet accord, résultent les variations de forme, de disposition et de structure, que nous offrent dans le cours de l'embryogénie les enveloppes de l'embryon.

» L'histoire de l'ovologie nous présente bien le tableau de ces variations observées et décrites avec une rare persévérance; mais comme leur but était méconnu, les uns les considéraient comme des cas pathologiques, les autres comme des anomalies ou des monstruosités, d'autres enfin s'en servaient pour établir l'imperfection de cette partie de la science; nul ne songeait qu'elles étaient commandées par les modifications que subissent les fonctions. L'introduction de la physiologie dans l'ovologie, en nous mettant sur la voie de l'usage des enveloppes embryonnaires, nous permettra donc de rattacher à leur cause les transformations nombreuses qu'elles subissent, ainsi que ces recherches sur l'appareil respiratoire branchial de l'embryon dès son arrivée dans l'utérus vont nous en fournir les preuves.

» Cet appareil respiratoire se compose, chez l'embryon humain, du chorion, des deux feuillets de la membrane caduque, du liquide contenu dans sa cavité, et d'un ordre particulier de villosités que j'ai nommées *branchiales;* lesquelles, après avoir traversé l'épaisseur de la caduque réfléchie, viennent se mettre en contact avec le liquide. En exposant la disposition successive de ces parties, nous allons montrer comment chacune d'elles concourt à l'exécution de la fonction.

» On sait, depuis la belle découverte de *Hunter,* qu'en arrivant dans l'utérus, l'œuf humain y rencontre la membrane caduque préparée à l'avance. On sait aussi que, d'abord appliqué sur un point de sa surface extérieure, il déprime la partie qu'il touche, la pousse devant lui, de manière à se former une enveloppe propre, nommée *caduque réfléchie.* L'œuf humain se trouve ainsi revêtu d'un double manteau, de celui que lui forme médiatement la caduque externe, et de celui qui lui est fourni immédiatement par la caduque interne ou réfléchie. Entre ces deux

enveloppes existe une cavité, et dans cette cavité se trouve un liquide qui les maintient à une certaine distance l'une de l'autre. Tout œuf régulier, observé dans le cours du deuxième mois, offre cette conformation constante, dont l'exacte connaissance est due aux recherches de MM. *Moreau*, *Burns*, *Breschet* et *Velpeau*.

» L'œuf, qui s'est enfermé de cette manière dans le double repli de la caduque, est couvert sur toute sa surface par les villosités du chorion dont la vascularité reconnue des anciens anatomistes, mais niée dans ces derniers temps, a été rendue évidente par les belles injections de M. le docteur Martin Saint-Ange. En réunissant ainsi les notions positives acquises sur les caduques et le chorion, on se trouvait si rapproché de la vérité, qu'un pas de plus devait nécessairement la faire reconnaître; car on avait une masse de houppes vasculaires, séparées, par une simple membrane, d'une cavité renfermant un liquide. Pour les amener au contact et compléter un appareil respiratoire branchial, il pouvait se faire ou que la caduque réfléchie fût perforée, de manière à permettre au liquide d'aller baigner les villosités vasculaires; ou bien encore, ces dernières pouvaient s'engager dans l'épaisseur de la membrane, et aller elles-mêmes à la rencontre du liquide.

» Or, ces deux conditions se trouvent à la fois réunies dans cet appareil. D'une part la caduque réfléchie réticulée dans sa structure, est perforée par une multitude d'ouvertures que nous ne saurions mieux comparer qu'à celles qui existent sur la lame horizontale de l'ethmoïde : et de l'autre les villosités branchiales s'engagent dans l'épaisseur de la caduque réfléchie, se logent dans des espèces de conduits et viennent se mettre en contact immédiat avec le liquide. Quelquefois les ouvertures branchiales de la caduque ont un ou deux millimètres de diamètre, qu'oblitèrent de petites masses de villosités, recouvertes par une lame plus mince que l'arachnoïde, qui les empêche de se déplisser; d'autres fois l'écartement des mailles donne naissance à de véritables scissures, que traversent les villosités dont les extrémités viennent flotter sur le liquide. Telles sont les dispositions que j'ai observées aux villosités branchiales et sur lesquelles nous allons principalement fixer dans ce Mémoire l'attention des anatomistes.

» Sur un œuf humain du commencement du troisième mois, la caduque externe était intacte dans toute sa surface; en écartant les lèvres d'une incision faite sur son axe longitudinal, nous pénétrâmes dans la cavité qui la sépare de la caduque réfléchie : la cavité contenait environ deux onces

(60 grammes) de liquide. La caduque réfléchie, libre sur les deux côtés, adhérait en bas, en arrière et en haut avec la caduque externe; l'adhérence du haut paraissait appartenir au pédicule de réflexion. Sur les parties libres de la caduque réfléchie on voyait de très petites éminences qui rendaient sa surface rugueuse, et, çà et là, à côté des éminences, on distinguait des aréoles irrégulières. Des éminences partaient de petits flocons qui flottaient sur le liquide, et qui devinrent beaucoup plus apparents lorsque l'œuf fut plongé dans l'eau. Examinées à la loupe nous reconnûmes que ces éminences étaient les villosités du chorion qui, après s'être engagées dans les mailles de la caduque réfléchie, faisaient ainsi saillie dans sa cavité, et se trouvaient, par conséquent, en contact immédiat avec le liquide qu'elle contenait.

» Sur un second œuf du vingtième au vingt-cinquième jour, le chorion, villeux sur toute sa surface, n'était enfoncé qu'aux deux tiers de la caduque qu'il semblait déprimer par son propre poids. En cherchant à le détacher nous reconnûmes qu'il adhérait intimement à la portion de la caduque qu'il poussait devant lui. L'adhérence du chorion à la caduque réfléchie avait lieu ainsi qu'il suit. Les villosités du chorion s'enfonçaient dans de petits sinus de la caduque réfléchie : ces sinus, ouverts dans une longueur de deux millimètres environ, débouchaient dans la cavité de la caduque, qui était presque remplie par un liquide un peu roussâtre. Les sinus étaient occupés par les villosités du chorion. Ces villosités renflées à leurs extrémités faisaient une légère saillie dans la cavité de la caduque; cette portion des villosités, en rapport avec la caduque réfléchie, était sensiblement plus développée que celles qui s'élevaient du reste de la surface du chorion.

» Sans une dissection très attentive on eût pu croire que les villosités qui pénétraient dans les sinuosités de la caduque réfléchie, faisaient corps avec cette membrane dont elles étaient parfaitement distinctes. Mais leur disposition était telle que, sans les rompre, on n'eût pu les détacher l'une de l'autre.

» Sur un troisième œuf du deuxième mois et demi, qui fut rendu par une fille publique, en mai 1835, et que me remit M. Manec, chirurgien de la Salpétrière, deux heures après son émission, j'observai ce qui suit. La cavité de la caduque contenait un liquide gélatineux légèrement rosé; la caduque réfléchie formait, avec le chorion qu'elle enveloppait, un volume d'un petit œuf de poule; elle était libre dans toute son étendue excepté en haut où elle faisait corps avec la caduque externe. Sa texture était très

mince sur les côtés; en certains endroits elle offrait le poli des membranes séreuses. Sur cinq ou six points de sa surface externe, ses mailles étaient très écartées, et de petites masses, au travers des villosités du chorion, faisaient hernie au travers de ces mailles. La préparation mise dans l'eau, on voyait flotter des villosités sur le liquide, soit qu'elles fussent ainsi naturellement, soit qu'elles se fussent déplissées dans le transport. Du reste, rien ne manquait à la conformation régulière de ces produits; chez tous la vésicule ombilicale occupait sa place habituelle; l'amnios, le cordon et l'embryon lui-même étaient bien constitués. On ne pouvait donc considérer la disposition de la caduque réfléchie et des villosités branchiales, ni comme une anomalie, ni comme un état pathologique; tout indiquait l'intégrité parfaite et des villosités et de la membrane.

» Les caractères de cette dernière différaient peu, du reste, de ceux que lui ont reconnu les observateurs modernes. Car on sait que MM. *Mayer, Dang* et *Metzger*, l'ont trouvée celluliforme et percée de trous; on sait que sa perforation reconnue par M. Lobstein, a été confirmée par M. Moreau, qui remarque avec raison que les ouvertures deviennent beaucoup plus apparentes quand on regarde la membrane à contre jour. On sait enfin que si MM. *Meckel, Heusinger, Vagner, Osiander, Guntz, Burdach, Breschet, Valentin, Carus* et *Bischoff*, diffèrent un peu sur la nature du tissu qui compose la caduque, tous s'accordent sur l'existence des ouvertures qui la traversent.

» Mais, à ma connaissance, personne n'avait remarqué que lorsque la caduque réfléchie est épaisse, comme il arrive presque toujours au moment de sa réflexion, ces ouvertures sont de petits conduits sinueux, rampant dans l'épaisseur de la membrane. Nul anatomiste n'avait observé également que ces sinus ou ces trous sont occupés par un ordre particulier de villosités, qui communiquent ainsi directement dans la cavité de la caduque.

» Ces faits qui, pour être mis en évidence, exigent une dissection très minutieuse et délicate, avaient échappé aux observateurs, parce qu'ils étaient sans objet et sans valeur dans les vues qui les dirigeaient, et surtout d'après les usages qu'ils supposaient à la caduque, à sa cavité, à son liquide, aux villosités du chorion ainsi qu'à leur structure. Mais du moment que je reconnus dans cet appareil les conditions propres à une respiration branchiale, ils durent devenir et ils devinrent en effet l'objet de l'attention la plus soutenue et d'un examen rigoureux.

» Or en préparant comparativement ces parties, sur des produits d'âges

divers, depuis le quinzième et le vingtième jour de la conception, jusqu'au quatrième et cinquième mois, époque à laquelle la respiration placentaire succède à la respiration branchiale, j'ai pu suivre la transformation des sinus en trous.

» Ainsi, j'ai observé qu'à mesure que la caduque réfléchie diminue d'épaisseur, la longueur des petits conduits sinueux diminue dans la même proportion, de telle sorte que lorsque par la marche des développements, la membrane est pelliculeuse, il ne reste du sinus, que l'ouverture qui débouche dans la cavité. Les mêmes expériences m'ont servi à constater que dans les diverses transformations de la membrane; les villosités n'abandonnent jamais ni les sinus, ni leurs ouvertures respectives, elles sont maintenues en place par un renflement en forme de petite massue qui se développe à leurs extrémités. Tant de précautions prises par la nature pour conserver les rapports de deux parties si délicates, devaient avoir un but, et ce but nous paraît être celui de maintenir les villosités en présence du liquide que renferme la cavité de la caduque.

» L'anatomie du développement a contre elle des désavantages dont il est difficile de la prémunir entièrement. Comme les faits sur lesquels elle repose, ne se montrent pas seuls, qu'ils exigent souvent des préparations longues et une certaine habitude du scalpel, il en résulte que tout le monde n'est pas apte à les vérifier de prime abord. La difficulté est accrue dans ce cas-ci, par la rareté des sujets d'observation, et par la variabilité des parties en voie de développement; car, en organogénie, les faits ne sont rigoureusement exacts que relativement à une période déterminée de formation. Un peu plus tôt, ils sont imparfaits; un peu plus tard, ils ne sont plus justes. De là, la nécessité de multiplier les observations; la nécessité de suivre tous les temps de formation d'un organisme, afin d'embrasser, dans un champ assez étendu, les faits les plus saillants qui la décèlent. Cette méthode, que j'ai suivie dans l'ostéogénie pour le système osseux, dans l'angéogénie pour la formation des vaisseaux sanguins, et dans la névrogénie pour le développement du système nerveux, étant aussi celle qui me dirige dans ces recherches sur l'ovogénie, nous allons exposer quelques faits nouveaux dont j'ai fait représenter avec soin les détails relatifs à l'appareil branchial de l'œuf humain.

» Une dame, âgée de vingt-six ans, parvenue à peine au deuxième mois de la grossesse, eut un avortement sans cause déterminable, le 26 décembre 1838. L'œuf était extérieurement dans l'état normal; la caduque externe envoyait deux prolongements creux dans les oviductes. La caduque réfléchie,

moins tomenteuse qu'elle ne l'est à cette époque, n'était séparée de l'externe que par une cavité peu spacieuse, renfermant une once de liquide légèrement rosé. Les ouvertures dont sa surface externe était couverte, ressemblaient les unes à des points bruns, les autres à de petites scissures allongées. Quand on eut incisé et renversé la caduque interne, on voyait les villosités du chorion ramper dans de très petits sinus, se diriger vers les ouvertures qu'elles traversaient dans tous les sens; elles flottaient de cette manière dans la cavité de la caduque, à cause de l'incision des petits pertuis qui les logeaient précédemment; les autres parties étaient intègres, quoique l'embryon fût moins développé que son âge ne le comportait.

» Sur un œuf du même âge, qui fut reçu par M. le docteur Félix Hatin, le 12 novembre 1838, la disposition de la caduque réfléchie et des villosités du chorion, était semblable au cas qui précède.

» Dans un troisième avortement, qui eut lieu le 8 janvier 1838, chez une dame de trente-cinq ans, l'œuf, rendu en présence de M. le docteur Félix Hatin, parut correspondre, ainsi que la date de la grossesse, à la fin du troisième mois. La formation du placenta était déjà commencée; la cavité de la caduque rétrécie était néanmoins distincte dans toute la périphérie de l'œuf, immédiatement recouvert par la caduque réfléchie. La surface externe de cette dernière était inégale, tomenteuse; les inégalités étaient produites par les bords des petites fissures à la surface desquelles on observait à nu les villosités du chorion. Leur nombre était considérable. La caduque incisée et déplissée sur un de ses côtés, on suivait la marche des villosités de l'intérieur du chorion vers l'ouverture interne des fissures, ou l'ouverture des trous, lorsqu'ils ne s'étaient pas assez dilatés pour se convertir en fissures.

» Un des dessins du Mémoire de M. le docteur Martin Saint-Ange, sur la vascularité du chorion, reproduit exactement cette disposition sur un œuf du deuxième mois. On y voit les ouvertures dont est criblée la caduque réfléchie, et sur sa partie renversée, on observe la marche des villosités, dont les extrémités vont s'appliquer immédiatement contre la face interne des ouvertures de la membrane. Ce dessin est d'autant plus significatif qu'il a été copié sur la nature, d'après des vues très différentes de celles qui nous occupent.

» Une femme âgée de 27 ans, affectée de tubercules pulmonaires et enceinte de trois mois, mourut dans ma division le 14 octobre 1834. Entre la face interne de l'utérus et l'enveloppe externe de l'œuf existait une couche

mince d'un fluide gélatineux grisâtre qui isolait l'utérus de la caduque. Cette couche, que j'ai rencontrée une seconde fois dans une grossesse du cinquième mois, réfute l'idée de MM. Jieg, Oken et de Baer, qui pensent que la caduque n'est autre chose que la membrane muqueuse utérine.

» L'œuf était complet, et, comme dans le cas qui précède, le développement du placenta était déjà commencé. La caduque externe, ouverte par une incision longitudinale, nous laissa pénétrer dans sa cavité, qui contenait environ une once et demie (45 grammes) de liquide. La caduque interne, adhérente à l'externe dans la moitié de sa face postérieure, était libre dans le reste de son étendue. Sa surface était villeuse, et en divers endroits le tissu propre de la caduque était tellement atrophié, que cet aspect était dû aux villosités même du chorion. Ces villosités se trouvaient ainsi dans la cavité de la caduque. En outre, sur sa moitié du côté droit, l'état tomenteux était interrompu par des fissures et des dépressions au fond desquelles on remarquait les villosités; et, de même que sur le côté opposé, l'atrophie du tissu de la caduque avait mis à découvert les villosités du chorion.

» Indépendamment des habiles prosecteurs de l'École d'anatomie des hôpitaux, MM. *Giraldès* et *Estevenet*, ces préparations et les dessins qui les représentent ont été soumis à l'examen de nos collègues, MM. *Edwards* aîné, *Milne Edwards*, ainsi qu'à celui de M. Dutrochet, juge le plus compétent de la question que je traite parmi les ovologistes modernes.

» Depuis Hippocrate, qui nous a transmis le précoce avortement d'une cantatrice de la Grèce, jusqu'à nos jours, cet accident est très commun et très dangereux pour les femmes. Or, soit qu'il soit naturel, soit même qu'il soit provoqué, l'avortement qui survient jusqu'à la fin du troisième mois, a presque toujours pour cause une lésion première de l'appareil respiratoire branchial.

» Ainsi, tantôt l'hypertrophie des caduques fait disparaître la cavité, et avec elle le liquide; tantôt leur atrophie les fait rompre sur un ou plusieurs points. D'autres fois l'inflammation de leur face interne, en desséchant le liquide, détermine l'effacement plus ou moins complet de la cavité; d'autres fois, au contraire, son accumulation donne naissance à une hydropisie de la caduque. Le plus souvent, enfin, les villosités branchiales se laissant congestionner par le sang, il se forme dans leur épaisseur de véritables épanchements sanguins, comparables à ceux du cerveau et du poumon dans les apoplexies cérébrales et pulmonaires.

» Parmi les faits de ce genre que j'ai observés, j'en rapporterai deux

qui offraient la confirmation des dispositions anatomiques que nous venons d'exposer.

» Sur un produit du quarantième au cinquantième jour, qui fut reçu par M. le docteur Félix Hatin, le 6 juin 1838, l'avortement avait été précédé par l'écoulement d'un liquide roussâtre. La caduque externe, tomenteuse, avait été rompue dans sa partie moyenne; ce qui, sans doute, avait occasioné l'écoulement du liquide que renfermait sa cavité, qui était très étendue. La caduque réfléchie, libre dans cette cavité, adhérait en haut et en arrière, à la caduque externe, par le pédicule de réflexion, lequel étant volumineux et creux, indiquait encore la marche de l'œuf dans son enfoncement dans la caduque.

» La caduque réfléchie, moins épaisse que la caduque externe, offrait en haut et en avant une déchirure d'environ dix à douze millimètres de longueur, à travers laquelle s'étaient fait jour les villosités du chorion. Sur ses côtés, on remarquait aussi de petites ouvertures oblitérées par des houppes de villosités qui plongeaient de cette manière dans la cavité de la caduque.

» Sur un autre produit qui fut rendu le 24 avril 1839, en présence du même accoucheur, l'œuf, âgé de soixante-douze jours, était complet et sans nulle déchirure extérieure. La cavité de la caduque était étroite; elle renfermait très peu de liquide. La caduque interne présentait à sa partie inférieure un caillot sanguin recouvert par une pellicule mince qui rappelait la membrane sérotine de *Bojanus;* cette pellicule incisée mit à nu une déchirure de la caduque réfléchie, par laquelle faisaient hernie les villosités du chorion, ainsi qu'un caillot sanguin du volume d'une amande; le reste de la surface de cette membrane était persemé d'un nombre considérable d'ouvertures et de fissures à diamètres plus ou moins larges, fissures et ouvertures dans lesquelles se trouvaient engagées les villosités du chorion. Celles-ci, en outre, offraient çà et là de petits caillots sanguins, résultant de la rupture de leurs vaisseaux.

» On a dû remarquer dans le cours de ce travail qui, si l'expérience le sanctionne, complète la belle découverte de *Hunter,* que nos observations ont eu principalement pour objet de montrer d'abord, l'existence des villosités branchiales et leur rapport avec le liquide de la caduque, découvert dans ces derniers temps par MM. Breschet et Velpeau; et d'éclairer ensuite quelques-uns des points contestés de la structure de cette membrane et du chorion.

» Parmi ces derniers, il en est un qui doit encore, à raison de son

importance, nous occuper un instant : c'est celui de la vascularité des villosités du chorion. Nous n'examinerons ici, ni les hypothèses anciennes et modernes que cette vascularité infirme, ni les raisons *à priori* qu'on lui oppose. En anatomie un fait ne se discute pas, il se montre.

» Or, bien qu'avant d'accorder à l'auteur de cette découverte la médaille en or du prix de Physiologie expérimentale, vos Commissaires, dont je faisais partie, en aient eux-mêmes vérifié l'exactitude, j'ai cru nécessaire de la vérifier de nouveau, au moment où j'allais en faire l'application. J'ai donc revu à l'œil nu, à la loupe et au microscope, sous tous les grossissements, les artères et les veines des villosités, injectées jusqu'à leurs dernières extrémités, non-seulement sur l'œuf humain, mais sur celui de la vache, de la brebis, du chat et de la jument.

» On voit donc que les faits incontestables en ovologie nous montrent dans la caduque et le chorion réunis, une cavité, tapissée par une double membrane perforée, un liquide renfermé dans cette cavité et un ordre particulier de villosités vasculaires en rapport immédiat avec la cavité et le liquide; c'est-à-dire que ces deux membranes réunies offrent toutes les conditions nécessaires à un appareil respiratoire branchial.

» A mesure que l'embryon se développe et grandit, une partie des villosités du chorion se transforme en *placenta*, et alors commence le second temps de la respiration fœtale dans l'utérus.

» Or, dès l'instant que commence la respiration placentaire, la respiration branchiale décroît, l'appareil branchial s'atrophie et disparaît; d'abord les villosités branchiales se flétrissent, puis la cavité de la caduque se rétrécit, le liquide diminue, et les deux caduques amenées au contact s'unissent et se confondent.

» C'est la marche constante et normale de cet appareil qui se développe au moment où il est nécessaire pour la respiration primitive, et qui disparaît avec le besoin qui lui a donné naissance.

» On voit encore que le rôle de chacune des parties de l'appareil lui est assigné par le but commun qu'il doit remplir. Ainsi les caduques, en protégeant l'œuf de toute part, forment la cavité pour contenir le liquide; celui-ci a pour usage d'humecter continuellement les villosités; la structure réticulée et perforée de la caduque réfléchie est ainsi organisée, pour permettre aux villosités du chorion d'arriver jusqu'au liquide; et ces dernières enfin, sont pourvues des nombreux vaisseaux sanguins nécessaires à toute respiration.

» L'existence, le concours, et l'accord de toutes ces parties, est indis-

pensable pour que la respiration branchiale puisse s'exécuter. Supprimez en effet la caduque externe, et il n'y aura plus de cavité; supprimez les ouvertures de la caduque réfléchie, et les villosités resteront étouffées dans son épaisseur; supprimez le liquide, et la cavité de la caduque, ainsi que les pertuis de sa lame réfléchie, deviennent inutiles. Supprimez enfin la vascularité des villosités du chorion, et vous annulez complétement tout ce riche appareil. Réunissez au contraire ces parties, dont la structure et les rapports se correspondent si exactement, et vous aurez l'appareil branchial, tel qu'il est; et ajoutons, tel qu'il doit être pour remplir l'acte de la respiration chez le jeune embryon.

» Tel est l'appareil respiratoire branchial que nous avons reconnu chez l'homme, dans les trois premiers mois de sa formation. Nous exposerons dans un autre Mémoire, les variations importantes qu'il subit dans l'œuf des mammifères, dans celui des oiseaux, et chez les reptiles. »

Note sur la paralysie et sur la névralgie du visage; par **M. Magendie.**

« La discussion qui a eu lieu dans la séance dernière, m'a rappelé quelques faits de médecine qui, étant de nature à éclairer les fonctions des nerfs du visage, me paraissent dignes d'être cités devant l'Académie.

» J'ai donné récemment des soins à deux jeunes gens affectés d'hémiplégie faciale, maladie qui compromet à la fois la préhension des aliments, la mastication, la parole, l'action de siffler, etc., mais qui surtout enlevant à la figure son expression et la forçant à une immobilité complète alors même que les passions sont le plus animées, donne au visage quelque chose de monstrueux. Si cette paralysie se montrait à la fois des deux côtés, la figure, ce tableau mouvant de nos pensées, deviendrait par son impassibilité d'un aspect effrayant : ce serait un masque inanimé sur une tête vivante.

» Cet état est heureusement très rare et ne se rencontre même pas dans les cas de paralysie générale, où toute espèce de mouvements du corps et des membres sont interdits : par un bienfait de la nature il reste au patient sa physionomie pour exprimer ses souffrances ou ses désirs.

» J'ai eu le bonheur de faire cesser ces deux paralysies faciales par l'emploi de l'électricité appliquée aux nerfs eux-mêmes, à l'aide d'aiguilles de platine. En procédant à ces applications, j'ai eu l'occasion de remarquer que le nerf, devenu entièrement inhabile à exciter les contractions des muscles, conserve cependant une sensibilité qui ne paraît pas différer de la sensi-

bilité qu'il possède à l'état sain; ce qui vient encore à l'appui du résultat de mes dernières expériences, qui prouvent que la sensibilité du nerf facial n'est qu'apparente, et n'est autre que celles des filets des nerfs de la cinquieme paire, qui viennent se mêler aux filets du nerf facial.

» Cette sensibilité persistante dans un nerf moteur paralysé, n'a rien donc qui doive nous surprendre aujourd'hui; mais pendant long-temps elle m'avait beaucoup intrigué.

» Elle doit, en théorie, exister non-seulement dans le tronc, mais aussi dans toutes les branches. C'est aussi ce qui existe, et ce que j'ai nombre de fois constaté chez les deux malades dont je viens de parler.

» M. Roux, en citant le cas d'un névralgique, où il a coupé successivement toutes les branches faciales, et où il a vu successivement la douleur se réfugier dans les branches non coupées, a reporté mon attention sur ces relations encore si mystérieuses qui se voient entre les branches d'un même nerf.

» J'en ai vu un exemple bien remarquable le mois dernier.

» Une femme déjà d'un certain âge vint me trouver pour la débarrasser d'une névralgie des plus intenses et qui, depuis cinq ans, ne lui laissait pas un instant de relâche et l'avait entièrement privée de sommeil.

» Cette névralgie n'occupait pas à la fois toutes les branches de la cinquième paire, mais se logeait tantôt dans l'une tantôt dans l'autre, mais toujours avec une égale violence; le lieu variait, la douleur était la même.

» Le jour où elle vint chez moi, le mal siégeait dans le maxillaire inférieur droit; j'y appliquai le courant électrique, et la douleur passa aussitôt dans la langue, abandonnant le nerf maxillaire. J'enfonçai une aiguille dans le côté droit de la langue et j'y fis passer le courant; la douleur sauta dans le sous-orbitaire; je l'y saisis de même. Elle se réfugia enfin dans le nerf frontal, où il n'était pas difficile de l'atteindre; je l'y attaquai par le même procédé, et elle disparut n'ayant pas pris heureusement, pour dernier refuge, le filet nasal de l'ophtalmique, comme dans le cas cité par M. Roux, ce qui toutefois ne m'aurait pas découragé, car à l'aide d'une aiguille fine de platine je ne regarderais pas comme impossible d'y parvenir, et par conséquent d'y diriger un courant électrique.

» Ma malade fut ainsi guérie, à son immense satisfaction, d'un mal qui depuis si long-temps faisait le tourment de son existence. Depuis, la douleur a fait quelques efforts pour se reproduire, mais faible et très tolérable, et surtout ne s'opposant point au sommeil, et une seule application de l'électricité suffit pour la faire disparaître à l'instant.

» Depuis quelques jours j'ai eu l'occasion de voir une dame de Paris, travaillée aussi depuis long-temps d'une névralgie, mais gissant presque toujours dans le nerf lingual droit. J'y ai appliqué l'électricité, et la douleur a passé dans le nerf maxillaire supérieur, d'où je l'ai immédiatement fait disparaître; elle n'a pas été plus loin, et m'a évité ainsi la peine de la poursuivre.

» Comment se font ces transmissions? Est-ce par les branches elles-mêmes? est-ce par les anastomoses nombreuses peu connues, excepté des anatomistes de profession? Je ne suis pas en position d'avoir aujourd'hui un avis fondé à l'égard de cette curieuse question. »

RAPPORTS.

Note sur la distribution qui a été faite, à divers éducateurs, de la variété de ver à soie, dite Trevoltini, *envoyée à l'Académie par* M. Bonafous, *correspondant; par* M. Audouin, *au nom de la section d'Agriculture.*

« L'Académie a reçu, le 8 avril dernier, de M. Bonafous, l'un de ses Correspondants, une Notice sur une variété de ver à soie qu'on élève avec succès, dit-il, à Pistoïa, petite ville de Toscane, sous le nom de *Trevoltini*, c'est-à-dire ver à soie à trois récoltes.

» A cette notice était joint un assez grand nombre d'œufs. Ils ont été renvoyés à la section d'Agriculture qui a chargé un de ses membres (M. Audouin) d'en suivre l'éducation sur une petite échelle, au Muséum d'Histoire naturelle.

» Mais, on le conçoit, il s'agissait moins, dans cette circonstance, de chercher à découvrir des faits nouveaux pour la science que de savoir à quoi s'en tenir sur les avantages que l'industrie pourrait retirer de l'acclimatation en France de cette nouvelle variété de vers à soie.

» La section d'Agriculture a donc pensé qu'il serait utile de s'adresser directement aux hommes de pratique pour avoir leur opinion. Dans cette vue, elle a pris des renseignements auprès de M. Boullenois, sécrétaire de la Société séricicole, qui s'est empressé de lui indiquer quelques-uns des éducateurs éclairés que ce sujet de recherches intéresserait davantage. Des envois d'œufs leur ont été faits par ses soins, le 26 avril dernier. D'un autre côté, la section d'Agriculture a répondu à des demandes qui lui sont parvenues de divers côtés.

Il en est résulté une liste composée d'une douzaine de personnes aux-

quelles des œufs de la variété de ver à soie, dite *Trevoltini,* ont été distribués. En la communiquant à l'Académie, nous exprimons le désir que les honorables éducateurs qui y figurent veuillent bien lui faire connaître les résultats de leurs observations.

Liste des personnes qui ont reçu, de la part de l'Académie des Sciences, des œufs de ver à soie de la variété dite Trevoltini (1).

MM. Aubert, directeur du domaine royal de Neuilly.
Amelot (le marquis), à la Mivoye, près Montargis (Loiret).
Biot, Membre de l'Académie des Sciences.
Bouton (Charles), à Châteaudun (Eure-et-Loir).
Brunet de la Grange, à Paris.
Camille Beauvais, aux Bergeries, près Villeneuve-Saint-Georges.
Darras, à Essoyes, près Bar-sur-Seine (Aube).
Decazes (duc), Paris.
Delafarge, à Viviers (Ardèche) (2).
Flourens, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (3).
Héricart de Thury (le vicomte), académicien libre de l'Académie des Sciences.
Magendie, Membre de l'Académie des Sciences.
Robinet, Membre de l'Académie de Médecine, à Paris.

La note suivante de M. **Bonafous** accompagnait l'envoi des œufs.

« Depuis Olivier de Serres, dans son livre intitulé : *La Ceuillette de la Soie,* imprimé en 1599, jusqu'à Dandolo, la plupart des auteurs qui ont traité de cette industrie, ont désapprouvé l'usage de faire, chaque année, plusieurs éducations de vers à soie.

» Leur opinion était principalement basée :

» 1°. Sur le préjudice occasioné au mûrier par l'enlèvement réitéré de ses feuilles;

» 2°. Sur l'action dangereuse des chaleurs de l'été et des fraîcheurs de l'automne pendant le cours des secondes éducations;

---

(1) L'époque trop avancée de la saison chaude, a obligé de restreindre les envois à des points peu éloignés de la capitale.

(2) Cet envoi, qui consistait en un petit nombre d'œufs, a été tenté comme essai ; on craignait que l'éclosion n'eût lieu pendant le voyage.

(3) Les œufs remis à M. Flourens ont été réunis à ceux de M. Audouin, M. Flourens se réservant de suivre plus tard une éducation, sous le point de vue expérimental.

» 3°. Sur la difficulté de retarder le développement des œufs réservés à une deuxième couvée, ou d'obtenir l'éclosion immédiate des œufs de la première récolte, pour entreprendre une nouvelle éducation.

» Mais ces divers motifs, sans doute très plausibles à l'époque où ils furent allégués, n'ont plus la même valeur dans l'état actuel de notre industrie séricicole.

» En effet, si la première de ces objections repose sur ce que le mûrier ordinaire (*M. alba*, L.), déjà fatigué d'une première dépouille, ne peut, sans danger pour son existence, en subir une seconde la même année, je dirai que le mûrier des îles Philippines (*Morus cucullata*) par son étonnante facilité à se propager, sa croissance plus rapide et le prompt renouvellement de ses feuilles, se prête incomparablement mieux dans les climats analogues à celui du Piémont, aux exigences d'une double ou triple éducation.

» Quant à l'observation que les chaleurs de l'été et les fraîcheurs automnales mettent obstacle au succès des éducations ultérieures, on peut répondre qu'aujourd'hui les procédés de ventilation et d'assainissement, perfectionnés par M. D'Arcet, permettent aux éducateurs de créer, en toute saison, un degré de température tel que l'âge et la santé du ver à soie le réclament.

» Enfin, pour réfuter l'objection qui porte sur la difficulté de retarder la graine ou d'obtenir l'éclosion immédiate, je pense, et c'est l'objet principal de cette Note, qu'au lieu de chercher à retarder l'éclosion des œufs de vers à soie par l'effet d'une basse température, ou à obtenir l'éclosion des œufs peu de jours après la ponte, ce qui ne s'exécute pas toujours au gré des éducateurs, le moyen le plus assuré serait, à l'exemple des Chinois, de destiner aux éducations multiples une race particulière de vers à soie, dont les œufs, doués de la faculté d'éclore peu de jours après la ponte, permettent d'entreprendre plusieurs éducations successives, tant que la végétation du mûrier n'est point interrompue.

» Or, les Chinois ne sont pas les seuls possesseurs d'une espèce ainsi propre aux éducations multiples : informé qu'il existait en Toscane une espèce ou variété de ver à soie désignée par le nom de *Trevoltini*, c'est-à-dire vers à soie à trois récoltes, je me rendis, au mois d'octobre 1838, époque accoutumée de mes excursions agronomiques, dans la petite ville de Pistoja, située sur l'Ombrone, à six lieues de Florence, et là, témoin de l'état prospère des nombreux ateliers de vers à soie que je visitai au moment où ces insectes étaient les uns à leur quatrième mue (de la 2^e

et 3e génération), les autres à l'état de papillon ; témoin du bien-être que ce surcroît de richesse, évalué, pour ladite année, à 20,000 kilogrammes environ, répandait chez le peuple des campagnes, je m'approvisionnai d'une quantité de graine assez considérable, pour offrir aux cultivateurs le moyen d'expérimenter jusqu'à quel point le système d'une double ou triple éducation peut s'adapter à leurs intérêts agricoles.

» Je considère cette espèce, déjà acclimatée en Toscane, comme d'autant plus intéressante que lors même qu'on ne trouverait pas un avantage réel à faire plusieurs récoltes par année, elle serait utile :

» 1°. Pour renouveler les éducations qui auraient manqué par un accident quelconque ;

» 2°. Pour servir à des expériences auxquelles ne se prêteraient point les espèces dont les œufs n'éclosent qu'une fois, ou ne donnent naissance à quelque ver qu'accidentellement.

» Mais persuadé que dans l'état actuel de notre industrie progressive la question des doubles récoltes de soie demande, pour être définitivement résolue, de nouvelles expériences et de nouveaux efforts, j'invite les agronomes à considérer que l'exemple des Chinois, nos premiers maîtres dans l'art de gouverner le ver à soie, est un fait accompli depuis des milliers d'années, et que celui plus rapproché, mais trop peu connu des industrieux cultivateurs de Pistoja, doit éveiller l'émulation de tous les éducateurs, partout où le climat et la main d'œuvre n'offrent pas des obstacles insurmontables. »

NOMINATIONS.

M. **Poisson** demande, en raison de l'état de sa santé, à être remplacé dans la Commission chargée de juger les pièces adressées pour le concours au grand *Prix de Mathématiques* de l'année 1838.

Sur l'observation faite par quelques membres, relativement à la nature de la question (la résistance des fluides), l'Académie décide que deux nouveaux membres, qu'il paraît convenable de prendre dans la section de Mécanique, seront adjoints à la Commission, outre celui qui remplacera M. Poisson.

MM. Poncelet, Savart, Coriolis réunissent la majorité des suffrages.

Une Commission composée de MM. Gay-Lussac, Arago, D'Arcet, Che-

vreul, Beudant, est chargée de s'occuper des moyens d'aérer la salle des séances.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIRURGIE. — *Établissement d'un anus artificiel, sur une femme, en ouvrant le colon lombaire gauche sans pénétrer dans le péritoine ; par* M. AMUSSAT.

« Une dame de Paris, âgée de quarante-huit ans, depuis long-temps sujette à des constipations opiniâtres, précédées quelquefois d'hémorrhagies par le rectum, éprouvait des douleurs vagues dans le bassin et dans la région lombaire. M. Barras, son médecin, me fit appeler pour la première fois, le 2 août 1838. Nous ne découvrîmes alors et depuis, qu'une légère affection de l'utérus, des excroissances polypeuses de l'urètre et une hernie crurale droite ancienne. Vers le commencement du mois de mai 1839, Mme D. faisait ses préparatifs de départ pour la campagne, avec les apparences d'une assez bonne santé. Le 29 mai dernier je fus appelé de nouveau par M. Barras pour Mme D., qui était revenue de la campagne le 13, fatiguée par une constipation qui datait déjà de huit jours. Tous les purgatifs les plus énergiques avaient été employés sans succès. Je reconnus que le rectum était complétement vide et qu'il existait un obstacle au-dessus de cet intestin.

» Des douches ascendantes, des injections à l'aide de sondes et de canules portées très haut, ne purent vaincre l'obstacle. La tympanite stercorale faisant des progrès, les douleurs éprouvées par la malade étant intolérables, et ayant constaté qu'une obstruction organique complète ne me permettait plus d'espérer de rétablir la voie naturelle, je compris qu'une opération devenait urgente; mais avant de la pratiquer, je demandai une consultation. MM. Breschet, Récamier et Fouquier furent appelés; il fut reconnu unanimement qu'une tumeur obstruait le gros intestin au-dessus du rectum. Il fut décidé qu'on tenterait encore l'électricité et le cathétérisme du rectum avant toute opération. Ces moyens furent inutiles; il y avait déjà vingt-quatre jours de constipation; la malade demandait une opération avec instance. Le lendemain, dimanche 2 juin, nous nous réunîmes de nouveau, et l'opération fut décidée à l'unanimité; elle fut pratiquée en présence de MM. Breschet, Récamier, Barras, Puyoo et Ericksen.

» Dès que la malade fut couchée sur le ventre, la poitrine et l'abdomen soulevés par des oreillers, nous fûmes frappés *par la saillie du flanc gauche,* c'est-à-dire que le colon lombaire gauche proéminait fortement entre les fausses côtes et la crête de l'os des iles; il avait été décidé, par avance, que je pratiquerais le procédé de Callisen, modifié de la manière suivante : *Une incision transversale* fut pratiquée sur cette saillie, à deux travers de doigt au-dessus de la crête de l'os des iles; elle s'étendait depuis le bord interne de la masse commune du sacro-lombaire et jusque vis-à-vis le milieu de la crête iliaque : elle avait à peu près cinq travers de doigt d'étendue. Le fascia superficiel, le grand dorsal et le grand oblique furent incisés dans le même sens et couche par couche. Le petit oblique et le transverse furent incisés de même et de plus crucialement; une artériole musculaire fut tordue; puis un feuillet aponévrotique fut incisé en croix. Enfin, le tissu cellulaire graisseux qui recouvre immédiatement l'intestin, a été incisé et réséqué avec des ciseaux courbes; deux fils ont été passés en haut et en bas dans l'épaisseur des parois de l'intestin, afin de le retenir et de prévenir son affaissement. Après avoir bien reconnu l'intestin colon, largement dépourvu de péritoine, un trois-quarts fin a été plongé dans le point le plus saillant de l'intestin, fortement distendu; et aussitôt que le poinçon du trois-quart a été retiré, des gaz et des matières fécales liquides se sont échappés. Un soulagement subit s'en est suivi; un bistouri boutonné a été insinué à côté de la canule, le trou a été largement agrandi en plusieurs sens; des gaz et des matières délayées sont sortis en abondance. La malade a aussitôt exprimé vivement le soulagement qu'elle éprouvait; son visage n'avait plus le même aspect. La teinte livide avait disparu. Après avoir fait deux injections, une dans le bout inférieur et l'autre dans le bout supérieur du colon, trois cuvettes de matières délayées ont été retirées. L'ouverture de l'intestin a été attachée à l'angle antérieur de la plaie par quatre points de suture.

» Les suites de l'opération elle-même ont été nulles ou presque nulles. Il n'y a eu aucun phénomène local qui nous ait fait douter du succès de l'opération : la marche de la plaie a été des plus simples, il n'y a pas même eu d'inflammation érysipélateuse des bords de la plaie. La propreté extrême et les cataplasmes ont prévenu cette complication. Mais un grave accident est venu troubler notre sécurité: la hernie crurale droite dont nous avons parlé s'est tout-à-coup enflammée deux jours après notre opération et pendant plusieurs jours, elle nous a vivement préoccupé. La malade avait le triste pressentiment d'une double opération grave :

heureusement un traitement antiphlogistique nous a fait triompher de ce redoutable accident.

» Sans la hernie crurale droite dont nous avons déjà parlé, nous n'aurions pas eu la moindre inquiétude. Maintenant, seize jours après l'opération, la malade est parfaitement bien; depuis plusieurs jours, elle a repris ses habitudes; ses repas sont réguliers ainsi que ses selles; les matières sont moulées, elles les rend deux ou trois fois dans les vingt-quatre heures. Tout nous fait espérer une guérison aussi durable que le permettra la tumeur du bassin.

» J'ai considéré comme un devoir sacré de me hâter de vous communiquer ce fait, pour encourager les chirurgiens à pratiquer cette opération, dans les cas analogues qui ne sont malheureusement pas rares.

» J'insiste surtout pour faire remarquer que ce n'est pas seulement un fait heureux, d'une opération regardée comme trop périlleuse, pour être tentée toutes les fois qu'elle est indiquée. C'est une opération basée sur des données positives d'anatomie chirurgicale. C'est la seule voie sûre : mais elle avait été rejetée, dédaignée et abandonnée par les hommes les plus capables de l'apprécier cependant, faute d'examen et de méditation : maintenant que j'ai reconnu et démontré que c'est une voie sûre et facile, c'est-à-dire qu'on peut établir l'anus artificiel *sans intéresser le péritoine, sans pénétrer dans l'abdomen enfin*, j'espère qu'on n'hésitera plus à y avoir recours.

» Je suis heureux de pouvoir ajouter ici, que ce n'est pas seulement mon opinion, mais aussi celle des hommes les plus éclairés qui ont pris la peine de vérifier le fait. M. Breschet, votre collègue, qui a bien voulu m'aider de ses conseils, est de cet avis, c'est-à-dire que ce procédé est facile et infiniment moins dangereux que tous les autres. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur l'emploi de contre-poids auxiliaires destinés à absorber l'excédant de force résultant de la descente des voitures sur les pentes des chemins, et à rendre cette force à la montée; par* M. **P. Breton.**

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Coriolis.)

M. Callaud, qui avait présenté il y a quelques mois un appareil destiné à enregistrer de demi-heure en demi-heure les variations de la température, annonce qu'il est parvenu à adapter au baromètre un mécanisme

semblable, et prie l'Académie de vouloir bien le faire examiner. A sa lettre est joint un tableau sur lequel les indications barométriques ont été ainsi enregistrées par la machine pendant un intervalle de 30 heures.

(Commission précédemment nommée.)

M. Gargan prie l'Académie de faire examiner une *pompe à eau* de son invention.

(Commissaires, MM. Savart, Poncelet et Coriolis.)

L'auteur d'un *Essai sur la voix des Mammifères*, adressé pour le concours au *grand Prix de Sciences physiques*, envoie un supplément à son travail.

La Commission chargée de juger les pièces adressées pour le concours décidera si ce supplément est arrivé en temps utile.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Marine accuse réception d'un rapport fait à l'Académie sur les expériences de M. le capitaine *Letourneur*, relatives aux vitesses comparées d'un bâtiment à trois mâts, selon qu'il navigue vent arrière ou vent largue.

« Je ne perdrai pas de vue, dit M. le Ministre, le vœu formé par l'Académie de voir renouveler sur deux bâtiments de même rang les expériences déjà faites à bord de *la Terpsichore* par M. Letourneur. En attendant, j'ai ordonné l'insertion dans les *Annales maritimes, et coloniales* du rapport dont vous avez bien voulu me faire l'envoi. »

M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce adresse un exemplaire du 35e volume des Brevets d'invention expirés, et le 14e supplément au Catalogue.

chimie. — M. Pelouze communique le résultat d'une expérience fort remarquable que vient de faire M. *Frémy* Ce chimiste a vu que plusieurs membranes, et particulièrement l'estomac de veau, lavées à l'eau distillée, jouissent de la propriété de transformer en acide lactique le sucre dissous dans l'eau. Cette faculté paraît inépuisable; au moins M. Frémy

a-t-il pu reproduire la même expérience un grand nombre de fois avec la même membrane.

MM. Dumas, Robiquet, Pelouze, sont chargés de faire un rapport sur cette découverte.

OPTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Réclamation de priorité relativement à certaines formules pour calculer l'intensité de la lumière.* — Traduction d'une lettre de M. **Mac-Cullagh** à M. *Arago*.

Londres, 11 mai 1839.

« Je prends la liberté de vous adresser quelques remarques relatives au sujet dont s'occupe en ce moment M. Cauchy; j'espère qu'elles pourront vous paraître dignes d'être lues à l'Académie des Sciences.

» Dans le dernier numéro du *Compte rendu* (séance du 15 avril 1839), M. Cauchy a donné certaines formules pour calculer l'intensité de la lumière réfléchie par les métaux à différents degrés d'incidence. Ces formules sont exactement les mêmes que celles que j'ai communiquées, en 1836, à l'Académie royale d'Irlande, et qui ont été successivement publiées dans les *Proceedings* de cette Académie (24 octobre 1836), dans le *London and Edinburgh philosophical Magazine* pour mai 1837 (X^e vol., p. 382); et dans le journal appelé l'*Institut* (tome V, p. 223, juillet 1837). Rien n'est plus aisé que de convertir l'un des deux systèmes de formules dans l'autre. En effet, puisque les constantes Θ et ε dans la notation de M. Cauchy sont représentées par $M\left(\text{ou } \frac{1}{m}\right)$ et χ dans la mienne, on trouvera, en comparant nos équations de condition, que $\upsilon = \chi + \chi'$, et $\frac{U}{\Theta} = m' \cos i$; d'où il résulte qu'on aura identiquement $I = a'$, et $J = a$. Outre les valeurs de l'intensité, j'ai publié, dans le même article, les expressions des changements de phase (δ et δ') produits par la réflexion métallique. Ces expressions n'ont pas encore été données par M. Cauchy. Elles servent à établir la polarisation elliptique de la lumière réfléchie quand la lumière incidente est polarisée dans un plan.

» On doit observer que la méthode dont j'ai fait usage pour déterminer la valeur des constantes M et χ relatives à un métal quelconque, à l'aide des expériences de M. Brewster, est la même que celle de M. Cauchy. L'approximation que j'ai indiquée, et qui consiste à négliger la petite quantité χ', est aussi la même que la sienne, puisqu'elle suppose $\upsilon = \varepsilon$, $U = \Theta$.

Enfin, la marche générale des phénomènes, telle qu'elle est décrite par M. Cauchy, peut être vérifiée par l'inspection de la petite table que j'ai donnée pour l'acier.

» Dans l'article ci-dessus mentionné, j'ai expliqué très simplement de quelle manière j'ai obtenu mes formules, en assignant à la vitesse de propagation une valeur imaginaire, dont l'argument est l'angle χ que j'ai appelé la *caractéristique*, et dont l'inverse est précisément la quantité imaginaire que M. Cauchy a nommée le *coefficient caractéristique*.

» Or, quand cette valeur imaginaire est introduite dans l'expression de l'arc, dont le sinus ou le cosinus est ordinairement employé pour représenter un déplacement, elle donne naissance à une exponentielle réelle multipliée par le sinus ou le cosinus d'un arc réel; l'exposant de cette exponentielle étant réciproquement proportionnel à la longueur d'une ondulation, nous sommes ainsi naturellement conduits à conjecturer que la caractéristique χ dépend de l'absorption produite par une épaisseur égale à cette longueur. Si l'on suppose cette conjecture bien fondée, il s'ensuivra que l'amplitude d'une vibration, quand on traverse une épaisseur égale à la longueur d'une ondulation dans le métal, est diminuée dans la proportion inverse de l'unité au nombre dont le logarithme hyperbolique est $2\pi \tang \chi$, ou $2\pi \tang \varepsilon$, π désignant le rapport de la circonférence au diamètre. Cette interprétation de l'expression imaginaire se présenta à moi en 1836, presque aussitôt que je songeai à employer l'expression elle-même, et elle fut depuis fortifiée par la considération que cela servirait à expliquer (mathématiquement du moins, sinon physiquement) le changement de phase produit par la réflexion et la réfraction à la surface d'un métal. Car si l'on suppose que l'une quelconque des équations de condition qui doivent subsister à la surface soit une équation différentielle, contenant les dérivées des déplacements prises par rapport aux coordonnées, et si en outre l'amplitude des vibrations dans un métal est supposée diminuer en raison de l'exponentielle qui représente l'absorption, alors on trouvera qu'il est impossible de satisfaire à ces équations, sans admettre ce qu'on appelle précisément un changement de phase, c'est-à-dire sans admettre que, si la vibration incidente est représentée par un sinus, les vibrations réfléchies et réfractées contiendront chacune un terme dépendant du cosinus. Telles étaient les premières vues qui me furent suggérées par la considération des équations imaginaires, et pendant quelque temps elles me parurent entièrement satisfaisantes; mais des doutes s'élevèrent dans mon esprit, quand j'arrivai à un calcul effectif, et ma principale difficulté

était occasionée par les propriétés du diamant. M. Airy a trouvé que lorsque la lumière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence est réfléchie par le diamant, elle ne s'évanouit pas complétement sous l'angle de polarisation, mais que néanmoins la vibration change de signe, attendu qu'il se produit subitement un changement de phase presque égal à 180°.

» Je pouvais expliquer ce fait remarquable, en supposant le diamant soumis aux lois de la réflexion métallique, et sa caractéristique χ très petite, d'où je tirais cette conclusion, que le diamant forme une sorte de liaison entre les métaux et les milieux qui, comme le verre et l'eau, polarisent complétement la lumière. Cette conclusion semblait très naturelle et probable en elle-même; mais elle était accompagnée d'une difficulté que je ne pus surmonter. Quelque petite que je supposasse la caractéristique, quand même elle était tellement petite que la lumière réfléchie sous l'angle de polarisation se réduisait à la millionnième partie de la lumière incidente, toujours l'absorption calculée était assez grande pour rendre le diamant parfaitement opaque à une épaisseur égale à la centième partie d'un pouce. Ce résultat, il est vrai, peut être regardé comme montrant seulement que la réflexion particulière opérée par le diamant doit être expliquée de quelque autre manière; mais elle était entièrement suffisante pour m'empêcher en 1836 de publier aucune conjecture sur la signification de la caractéristique, ou sur l'interprétation physique des formes imaginaires sous lesquelles j'ai présenté la vitesse de propagation. La conjecture que j'ai alors supprimée a été mise en avant dernièrement par M. Cauchy, et j'ai été conduit par ce motif à exposer les observations précédentes sur ce sujet.

» Comme mes formules étaient déduites d'une analogie mathématique et non pas d'une théorie physique, j'ai eu soin de les publier simplement comme empiriques. Si la théorie de M. Cauchy est vraie, ces formules sont exactes. Je dois avouer, cependant, qu'elles m'ont toujours paru trop compliquées; et c'est pour cette raison que dans les *Transactions de l'Académie d'Irlande* (XVIIIe vol., 1re partie, p. 71), j'ai donné d'autres formules peu différentes, lesquelles semblent plus probablement être les véritables, et qui représentent aussi bien tous les phénomènes connus. Cependant sans de nouvelles expériences, il serait prématuré de se prononcer sur ce point d'une manière positive.

» Il me reste à mentionner une des conclusions de M. Cauchy, qui est certainement très extraordinaire. C'est une conséquence de sa théorie

que l'indice de réfraction d'un métal est égal à $M \cos \chi$ ou $\Theta \cos \varepsilon$. Or, pour l'argent pur, nous avons $\Theta = 3$, $\varepsilon = 85°$, d'après les expériences de M. Brewster; en conséquence l'indice de réfraction, pour celui de tous les métaux qui réfléchit le mieux la lumière est seulement d'un quart: suivant mon opinion il est égal à $\frac{M}{\cos \chi}$, et dans ce cas, il croîtra toujours avec le pouvoir réfléchissant. Dans l'argent pur qui réfléchit la presque totalité de la lumière incidente, l'indice de réfraction sera environ 35; et pour le mercure qui réfléchit environ les trois quarts de la lumière incidente, cet indice sera environ 15 au lieu de 1,7, comme le trouve M. Cauchy. »

Observations de M. **Augustin Cauchy**, *sur la Lettre de* M. Mac-Cullagh.

« D'après la lettre précédente, on pourrait croire que mes travaux sur la lumière réfléchie par un corps opaque, datent seulement de l'année 1839. Si telle est encore aujourd'hui la croyance de M. Mac-Cullagh, cela tient évidemment à ce qu'il n'a pas connu, ou, du moins, à ce qu'il n'a pas suffisamment approfondi les divers articles ou Mémoires que j'ai publiés sur la théorie de la lumière. Pour que les personnes qu'intéresse cette théorie et M. Mac-Cullagh lui-même puissent se former à cet égard une opinion définitive, je citerai d'abord ici quelques faits qu'il leur sera facile de vérifier.

» Parmi les divers articles que j'ai publiés en 1836 sur la réflexion et la réfraction de la lumière, et qui se trouvent insérés dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* de cette année, quelques-uns se rapportent en totalité ou en partie à l'objet dont il est ici question. Ainsi, par exemple, une lettre adressée de Prague à M. Ampère, et insérée dans le *Compte rendu* de la séance du 11 avril 1836, commence par ces mots:

« Les formules générales auxquelles je suis parvenu dans mes nouvelles
» recherches sur la théorie de la lumière ne fournissent pas seulement les
» lois de la propagation de la lumière dans le vide et dans les divers milieux
» transparents, comme je vous le disais dans mes lettres du 12 et du 19 fé-
» vrier, ou les lois de la réflexion et de la réfraction à la surface des corps
» transparents, telles qu'elles se trouvent énoncées dans les deux lettres que
» j'ai adressées à M. Libri le 19 et le 28 mars (1836), elles s'appliquent
» aussi à la propagation de la lumière dans la partie d'un corps opaque

» voisine de la surface, et à la réflexion de la lumière par un corps
» de cette espèce. »

» Une autre lettre adressée à M. Libri vers le milieu du mois d'avril, et insérée dans le *Compte rendu* de la séance du 2 mai 1836, contient ce qui suit :

« Dans ma dernière lettre, j'ai indiqué les résultats que fournissent les
» formules générales auxquelles je suis parvenu, quand on les applique
» au phénomène connu sous le nom de réflexion totale, c'est-à-dire au
» cas où le second milieu, quoique transparent, remplit la fonction d'un
» corps opaque. Je vais aujourd'hui vous entretenir un instant de ce qui
» arrive lorsque le second milieu est constamment opaque sous toutes les
» incidences, et en particulier, lorsque la lumière se trouve réfléchie par
» un métal. Si l'on fait tomber sur la surface d'un métal un rayon simple
» doué de la polarisation rectiligne, ou circulaire, ou même elliptique, ce
» rayon pourra toujours être décomposé en deux autres polarisés en ligne
» droite, l'un perpendiculairement au plan d'incidence, l'autre parallè-
» lement à ce plan. Or je trouve que, dans chaque rayon composant, la
» réflexion fait varier l'intensité de la lumière suivant un rapport qui dé-
» pend de l'angle d'incidence, et qui généralement n'est pas le même
» pour les deux rayons. De plus, la réflexion transporte les ondulations
» lumineuses en avant ou en arrière à une certaine distance qui dépend
» encore de l'angle d'incidence. » Si l'on représente cette distance, pour le premier rayon composant par $\frac{\mu}{k}$, pour le second par $\frac{\nu}{k}$, $l = \frac{2\pi}{k}$ étant l'épaisseur d'une onde, la différence de marche entre les deux rayons composants après une première réflexion sera représentée par

$$\frac{\mu - \nu}{k}.$$

Après n réflexions opérées sous le même angle, elle deviendra

$$n\frac{\mu - \nu}{k}.$$

Je trouve d'ailleurs qu'après une seule réflexion sous l'angle d'incidence τ, la différence de marche est d'une demi-ondulation, si $\tau = 0$, et d'une ondulation entière si $\tau = \frac{\pi}{2}$. Donc, en ne tenant pas compte des multiples de la circonférence dans la valeur de l'angle $\mu - \nu$, on peut considérer la valeur numérique de cet angle comme variant entre les limites π et zéro. Lorsque $\mu - \nu$ atteint la moyenne entre ces deux li-

mites ou $\frac{\pi}{2}$, on obtient ce que M. Brewster appelle la polarisation elliptique, et

$$2,\ 4,\ 6,\ 8 \ldots\ 2n$$

réflexions semblables ramènent le rayon polarisé à son état primitif. Alors, si le rayon incident était polarisé en ligne droite, le dernier rayon réfléchi sera lui-même polarisé rectilignement. Mais son plan de polarisation formera avec le plan de réflexion un angle δ dont la tangente sera égale, au signe près, à la puissance $2n$ du quotient qu'on obtient en divisant l'un par l'autre les rapports suivant lesquels la première réflexion fait varier, dans chaque rayon composant, les plus grandes vitesses des molécules. Donc, tandis que le nombre des réflexions croîtra en progression arithmétique, les valeurs de tang δ varieront en progression géométrique; et, comme pour les divers métaux, on trouve généralement $\delta < \frac{\pi}{4}$ ou 45°, la lumière, pour de grandes valeurs de n, finira par être complétement polarisée dans le plan d'incidence. On déduit encore de mes formules générales un grand nombre de conséquences qui s'accordent aussi bien que les précédentes avec les résultats obtenus par M. Brewster.

» A la vérité, dans la lettre que je viens de rappeler, je n'ai point donné l'interprétation physique de la forme imaginaire sous laquelle peuvent se présenter les coefficients des coordonnées dans les expressions des déplacements moléculaires. Mais M. Mac-Cullagh aurait tort de croire que cette interprétation, développée avec détail dans mes nouveaux Mémoires, est de ma part une interprétation nouvelle. Pour se convaincre qu'elle est déjà fort ancienne, et antérieure aux publications par lui mentionnées, il lui suffira de jeter les yeux sur les paragraphes III et VII de mon Mémoire relatif à la théorie de la lumière, lithographié sous la date d'août 1836. Il y trouvera des déplacements moléculaires représentés par des produits de la forme

$$\mathrm{A}e^{kv}\cos(\varpi - st),\quad \mathrm{A}e^{-hv}\cos(gv - st + \lambda),$$

v désignant la distance à un plan fixe, t le temps, et A, k, h, ϖ, s, des quantités constantes. Il y verra énoncées (pages 44 et 84) les conséquences auxquelles on est conduit, dans la théorie des corps opaques, et dans celle des verres colorés, à la seule inspection de ces produits, dans lesquels une exponentielle réelle se trouve multipliée par le sinus ou le cosinus d'un arc réel, et en particulier les conclusions que je vais transcrire.

« Les déplacements ξ, η, ζ, déterminés par les formules

$$\xi = \mathrm{A}e^{kv}\cos(\varpi - st), \text{ etc.},$$

» s'évanouissent pour $v = -\infty$, et si l'on attribue à v des valeurs né-
» gatives qui forment une progression arithmétique,... les valeurs cor-
» respondantes de l'exponentielle e^{kv}... formeront une progression
» géométrique... On pourra en dire autant des déplacements ξ, η, ζ...
» et de la force vive...dont la valeur maximum sert à mesurer l'intensité
» de la lumière. C'est ainsi qu'en pénétrant dans l'intérieur d'un corps
» opaque, la lumière devient insensible à une petite distance de la surface,
» et que son intensité décroît en progression géométrique, tandis que la
» distance croît en progression arithmétique. » (Voir le *Mémoire lithographié*, pages 44 et 45.)

» Plus loin, page 84, les mêmes idées étaient reproduites et appliquées à des déplacements de la forme

$$\xi = \mathrm{A}e^{-hv}\cos(gv - st + \lambda).$$

J'observais « qu'en vertu de ces dernières formules, les déplacements de-
» viendraient insensibles pour de très grandes valeurs positives du produit
» hv, par conséquent, pour des valeurs de v affectées du même signe que
» h, et qui pourront être d'autant plus grandes [abstraction faite des si-
» gnes] que h lui-même sera plus petit. Ainsi, disais-je, dans un verre co-
» loré, l'épaisseur nécessaire pour produire l'extinction d'un rayon lumi-
» neux, varie avec la nature de la couleur. D'ailleurs, en raisonnant
» comme à la page 84, on conclura des formules précédentes que, pour
» chaque couleur, l'intensité de la lumière décroît en progression géomé-
» trique, tandis que l'épaisseur du verre croît en progression arithmétique.
» Ces divers résultats sont conformes à l'expérience. »

» Reste à examiner la question de savoir si les formules de M. Mac-Cullagh et les miennes sont exactement les mêmes. A la seule lecture de la remarque qui termine la lettre de M. Mac-Cullagh, on peut déjà présumer qu'il n'y a point ici un accord parfait, sinon quant à la forme des équations obtenues, du moins relativement à la détermination de quelques-unes des quantités dont elles peuvent servir à calculer les valeurs. Si M. Mac-Cullagh a trouvé pour les indices de réfraction déduits de ses formules et de mon analyse, des nombres aussi différents entre eux que le sont 35 et $\frac{1}{4}$, ou 15 et 1,7, cela tient, comme il le dit lui-même, à ce que ces indices sont

représentés, suivant ses conjectures, par le rapport des quantités Θ, cos ε, et suivant mes calculs par leur produit sous l'incidence perpendiculaire. Or, ce que j'appelle l'indice de réfraction, c'est, suivant l'usage reçu, le rapport entre les épaisseurs des ondes incidentes et réfléchies, ou, ce qui revient au même, le rapport entre les sinus d'incidence et de réfraction; et si M. Mac-Cullagh admet pareillement cette définition, il me sera facile de lui démontrer, 1° que l'indice de réfraction d'un métal est effectivement représenté par Θ cos ε sous l'incidence perpendiculaire; 2° que cet indice est non pas constant, mais variable avec l'incidence. Toutefois, pour y parvenir, il serait nécessaire de compléter le tableau des formules que j'ai déjà données, et, pressé par le temps, je me vois forcé de renvoyer cette démonstration à un autre article, ainsi que l'explication des propriétés du diamant. Ce qui a pu induire M. Mac-Cullagh en erreur à l'égard des indices de réfraction, et ce qui distingue principalement de mes recherches la méthode dont il a fait usage dans l'article imprimé sous la date du 24 octobre 1836, c'est qu'il s'est proposé simplement d'étendre les formules données par Fresnel et relatives à un corps transparent, au cas où la lettre qui, dans ces formules, représente l'indice de réfraction se transforme en une constante imaginaire, en suivant d'ailleurs, pour déterminer la nature du rayon réfléchi, le mode d'interprétation adopté par Fresnel dans le cas de la réflexion totale, mais sans chercher en même temps à calculer la marche de la lumière dans le corps opaque, et à représenter par des formules précises les vibrations des molécules d'éther dans le rayon réfracté. Au contraire, la méthode que j'avais suivie pour obtenir les lois de la réflexion à la surface des corps opaques consistait à chercher d'abord les équations de condition auxquelles doivent satisfaire dans le voisinage de la surface de séparation de deux milieux, les déplacements moléculaires ξ, η, ζ relatifs soit au premier milieu, soit au second. Ces équations une fois trouvées, le calcul n'offrait plus de difficultés sérieuses, et donnait séparément les valeurs de ξ, η, ζ relatives à chacun des rayons réfléchi et réfracté, quelle que fût d'ailleurs la nature de la surface réfléchissante. Dès lors tous les phénomènes produits par la réflexion ou la réfraction étaient connus, et il ne pouvait rester aucun doute sur la nature des diverses constantes, renfermées dans les équations finales. Dans la méthode employée par M. Mac-Cullagh, et fondée, comme il le dit lui-même, non sur une théorie physique, mais sur une induction mathématique, l'interprétation des symboles imaginaires pouvait embarrasser quelque temps le physicien ou le géomètre, et réclamer de

profondes méditations : mais, dans l'autre méthode, la seule difficulté véritable est la formation des équations de condition desquelles on tire les valeurs de ξ, η, ζ, en opérant à peu près comme on l'avait déjà fait dans plusieurs questions de physique, par exemple, comme je l'ai fait moi-même dans le *Bulletin des Sciences* de M. de Férussac pour l'année 1830, et dans mes *Nouveaux Exercices de Mathématiques* (1835 - 1836). Aussi, quoique les formules dont il est question dans les *Comptes rendus* de 1836 ne se trouvent pas explicitement insérées dans ma lettre du 2 mai où j'ai seulement rapporté plusieurs des conséquences que j'en avais déduites, M. Mac-Cullagh, qui doit être curieux de connaître ces formules, afin de pouvoir les comparer aux siennes, n'aura point de peine à les retrouver dès qu'il saura quelles étaient pour moi à cette époque les équations de condition relatives à la surface réfléchissante. Or, suivant mon opinion, pour obtenir les équations dont il s'agit, il suffisait d'exprimer que dans le voisinage de la surface de séparation de deux milieux, les déplacements ξ, η, ζ des molécules d'éther, relatifs soit au premier milieu, soit au second, fournissaient les mêmes valeurs de υ, quand l'on prenait pour υ, soit une fonction des coordonnées x, y, z, t représentée par l'une des trois différences

$$(1)\qquad \frac{d\eta}{dz}-\frac{d\zeta}{dx},\quad \frac{d\zeta}{dx}-\frac{d\xi}{dz},\quad \frac{d\xi}{dy}-\frac{d\eta}{dx},$$

soit la dilatation linéaire de l'éther mesurée suivant la normale à la surface réfléchissante et déterminée par la formule

$$(2)\qquad \upsilon=a^2\frac{d\xi}{dx}+b^2\frac{d\eta}{dy}+c^2\frac{d\zeta}{dz}+bc\left(\frac{d\eta}{dz}+\frac{d\zeta}{dy}\right)+ca\left(\frac{d\zeta}{dx}+\frac{d\xi}{dz}\right)+ab\left(\frac{d\xi}{dy}+\frac{d\eta}{dx}\right),$$

a, b, c désignant les cosinus des angles formés par cette normale avec les demi-axes des coordonnées positives.

» Pour s'assurer par lui-même que ma mémoire ne me trompe pas à cet égard, M. Mac-Cullagh n'aura besoin que de jeter les yeux sur les dernières livraisons des *Nouveaux Exercices de Mathématiques*, imprimées antérieurement au Mémoire d'août 1836, et mentionnées dans l'observation qui termine ce Mémoire. Il y trouvera (pages 203 et 204), les formules (1), (2), et ce que je vais transcrire.

« Lorsque les deux milieux étant séparés l'un de l'autre par le plan » des y, z, on suppose l'axe des z parallèle au plan des ondes lumineuses » et par conséquent perpendiculaire au plan d'incidence, on a dans la » formule (2),

$$a=\pm 1,\quad b=0,\quad c=0,$$

» et de plus ξ, η, ζ deviennent indépendants de z. Donc alors en changeant, ce qui est permis, le signe de la première des différences (1), on trouve que les fonctions (1) et (2) peuvent être réduites à

(3) $$\frac{d\zeta}{dy}, \quad \frac{d\eta}{dx}, \quad \frac{d\xi}{dy} - \frac{d\eta}{dx}, \quad \frac{d\xi}{dx}.$$

» Donc, si l'on nomme ξ', η', ζ', ce que deviennent les déplacements ξ, η, ζ, tandis que l'on passe du premier milieu au second, on aura, pour les points situés sur la surface de séparation, c'est-à-dire pour $x=0$,

(4) $$\frac{d\xi}{dx} = \frac{d\xi'}{dx}, \quad \frac{d\xi}{dy} - \frac{d\eta}{dx} = \frac{d\xi'}{dy} - \frac{d\eta'}{dx},$$

» et

(5) $$\frac{d\zeta}{dx} = \frac{d\zeta'}{dx}, \quad \frac{d\zeta}{dy} = \frac{d\zeta'}{dy}.$$

» Lorsque dans les équations (4) et (5), on substitue à ξ, η, ζ, les seconds membres des formules (1) du § V, et à ξ', η', ζ', les seconds membres des formules (2) du même paragraphe, on obtient les lois de la réflexion et de la réfraction, à la surface des corps transparents, avec les diverses formules que contiennent les deux lettres adressées à M. Libri les 19 et 27 mars, et imprimées dans le n° 14 des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* pour l'année 1836. On déduit aussi des conditions (4) et (5), les lois de la réflexion opérée par la surface extérieure d'un corps opaque, ou par la surface intérieure d'un corps transparent, dans le cas où la réflexion devient totale (voir à ce sujet les deux lettres adressées à M. Ampère, les 1er et 26 avril 1836). Comme je l'ai montré dans ces différentes lettres, les formules auxquelles conduisent les conditions (4) et (5), non-seulement déterminent l'intensité de la lumière polarisée rectilignement par réflexion ou par réfraction, et les plans de polarisation des rayons réfléchis ou réfractés, mais encore elles font connaître les diverses circonstances de la polarisation circulaire ou elliptique, produite par la réflexion opérée à la surface d'un corps opaque, et en particulier d'un métal. »

» En opérant comme je viens de le dire, M. Mac-Cullagh aura bientôt reconnu, 1° que les formules insérées par lui dans les *Proceedings de la Société royale d'Irlande*, sont comprises parmi celles qui se déduisent des équations (4), (5), et qu'en conséquence elles ne diffèrent pas au fond de plusieurs des formules dont il est question dans ma lettre du 2 mai

1836; 2° que, pour arriver à ces formules, la méthode la plus claire et la plus sûre consiste à établir d'abord les équations (4), (5), puis à tirer de ces équations les valeurs des déplacements molculaires dans chacun des rayons réfléchi et réfracté; 3° que cette méthode a l'avantage d'indiquer la marche de la lumière, non-seulement dans le premier milieu, mais encore dans le second, en fournissant, avec l'explication des phénomènes sensibles observés dans le milieu transparent, les lois de ceux qui échappent à nos yeux et qui se rapportent au rayon réfracté; 4° que l'angle de réfraction et la vitesse de propagation de la lumière dans le second milieu ont des valeurs réelles, par conséquent des valeurs distinctes des expressions imaginaires désignées sous ces deux noms dans le Mémoire de M. Mac-Cullagh, et que l'indice de réfraction a effectivement la valeur que je lui ai assignée.

» Du reste, M. Mac-Cullagh ayant composé son Mémoire avant que mes travaux sur le même objet fussent suffisamment connus, et n'ayant pas eu sous les yeux des formules comprises seulement d'une manière implicite dans celles que j'avais publiées, il est clair que ce Mémoire offrait tout le mérite d'une difficulté vaincue, et devait être sous ce rapport favorablement accueilli des savants. »

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur une date du* XIIe *siècle écrite en chiffres romains avec valeur de position.* — Lettre de M. **Roulin.**

« Dans un voyage que j'ai fait récemment en Toscane, j'ai eu occasion d'observer une inscription qui me semble avoir quelque intérêt en ce qu'elle offre, à la fin du XIIe siècle, un nombre dans lequel le symbole qui représente les dixaines a une valeur de position; le nombre étant d'ailleurs écrit en caractères romains.

» Cette inscription est sur la porte principale de l'église de Saint-André, à Pistoia, sur la face inférieure du linteau, bien protégée par conséquent contre la pluie, et aussi nette qu'au moment où elle a été tracée. Elle semble indiquer l'année à laquelle se rapporte l'achèvement de l'église et le nom des deux marguilliers (operarii) qui étaient alors en exercice :

+ NVNC ERANT OPERARII VILLANVS ET
PAHVS FIIVS TIGNOSI A D M C IX VI

» Faut-il voir dans cette manière d'exprimer un nombre, une simple transcription de ce que présentait la machine à compter, ce qui avait dû

souvent se présenter à l'esprit de ceux qui faisaient usage de cette machine, et n'exigeait pas l'emploi des lignes verticales pour séparer les groupes, quand toutes les cases étaient pleines? ou ne doit-on pas penser plutôt que les habitants de cette partie de la Toscane qui au XIIe siècle avaient des rapports journaliers de commerce avec les Levantins (il y avait à Pise un quartier qui leur était exclusivement consacré), commençaient déjà à adopter leur système de numération écrite, en retenant toutefois encore les caractères romains pour exprimer le nombre des unités de chaque groupe?

» De ce que Fibonnacci a appris dans le Levant ce qu'il a consigné dans le livre qu'il fit paraître en 1202, il ne s'ensuit pas qu'il n'eût pu l'apprendre également dans sa ville, ou, du moins, en apprendre les parties les plus nécessaires pour l'usage des commerçants, puisque son père ne l'avait pas *envoyé* à Bougie pour s'instruire, mais l'avait *fait venir* auprès de lui dans cette ville où il était établi. »

ÉLECTRICITÉ. — *Extrait d'une Lettre de* **M. Peltier**, *en réponse à une réclamation de* M. Parrot.

La réclamation de M. Parrot ayant été seulement indiquée dans le *Compte rendu*, nous nous contenterons de même d'annoncer la réponse de M. Peltier. La lettre de ce dernier physicien contient d'ailleurs des considérations en dehors de cette discussion, et que nous reproduirons ici.

« J'ai démontré, dans de précédentes communications, dit M. Peltier, que la *quantité* d'électricité dynamique est proportionnelle à la quantité de molécules dont on a perturbé l'équilibre; j'ajoute que la durée du phénomène électrique est égale à celle du passage de l'équilibre ancien à l'équilibre nouveau, qu'il y a dépendance et solidarité entre ces deux états.

» J'ai dit aussi que les courants d'induction augmentaient comme l'intensité magnétique des barreaux; depuis, j'ai trouvé qu'il en était de même avec le calorique, lorsqu'on se mettait à l'abri de la neutralisation en retour des quantités qu'on veut mesurer. Il restait à savoir si l'augmentation de la force perturbante, c'est-à-dire si un magnétisme plus intense ou une plus grande élévation de température donnait réellement un courant plus nombreux, ou si, au contraire, le phénomène de *quantité* n'était pas le produit de l'*intensité* électrique, de cette puissance de vaincre les résistances, qui force plus d'électricité à se neutraliser par le circuit di-

rect. Pour arriver à la solution complète de cette question, il faudrait des arcs mesureurs d'une conductibilité parfaite, ce qu'il ne nous est pas possible d'obtenir; mais en employant des circuits très courts, de trois ou quatre décimètres au plus, on arrive à montrer que le premier degré de chaleur donne plus de déviation que le second, celui-ci plus que le troisième, et ainsi de suite; que la différence en faveur du premier degré est d'autant plus grande que le circuit est moins résistant, et qu'en conséquence, si la conductibilité était parfaite, le premier degré donnerait le courant maximum dans le circuit thermo-électrique. Cela prouve aussi que l'intensité de la force perturbante n'augmente pas la *quantité* d'électricité dynamique, mais donne à la quantité produite, plus de cette puissance qu'on nomme *intensité*. Il résulte de cette expérience, que les causes qui ne changent pas la nature des corps, comme sont la chaleur et l'induction, agissent à la manière des piles, dans lesquelles l'*intensité* croît comme le nombre des couples, tandis que la *quantité* reste la même. Cette similitude d'effet conduit à penser qu'il y a, entre les atomes ainsi perturbés, comme entre les couples d'une pile, une suite de neutralisations des deux états électriques, qui ne laisse libres que les deux états extrêmes, positif d'un côté et négatif de l'autre, qui se neutralisent à travers le conducteur interposé.

» Cette analogie n'existe pas lorsque la force de perturbation change la nature des substances, comme le fait l'action chimique. L'atome qui se combine cesse aussitôt de faire partie du corps, il n'y a plus solidarité entre eux; chaque molécule produit son phénomène électrique isolé et complet, qui n'a aucune influence sur le phénomène produit par la molécule voisine; aussi, l'intensité reste-t-elle la même avec un réactif faible ou fort, la *quantité* seule varie, parce qu'il y a plus de transformation dans un temps donné.

» Une particularité fort remarquable, c'est qu'il n'y a pas solidarité entre la température et le courant. Nous venons de dire qu'une température double donne à l'électricité dynamique une puissance d'*intensité* double; mais lorsqu'un courant traverse un fil métallique et qu'on le fait croître comme deux ou une de ses puissances, la température du fil croît comme trois ou une de ses puissances. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Puits absorbants et fontaines jaillissantes du canton de Soulaines;* Lettre de M. LEYMERIE à M. *Arago*. — (Extrait.)

« En faisant abstraction d'une zone étroite d'alluvions anciennes qui borne à l'ouest le canton de Soulaines, et qui appartient à la plaine de Brienne, on trouve, dans cette partie du département de l'Aube, trois genres de terrains qui forment autant de bandes irrégulières dirigées à peu près du N.-E. au S.-O., et qu'on peut traverser en se dirigeant du N.-O. au S.-E., dans leur ordre d'ancienneté; savoir :

» 1°. *Argiles et sables* qui correspondent au *gault* et au *greensand* des Anglais;

» 2°. *Terrain néocomien* formant là, ainsi que j'ai déjà eu l'honneur de le faire connaître à l'Académie, la base du terrain crétacé (1);

» 3°. *Calcaire jurassique* (étage supérieur).

» Le terrain néocomien s'y décompose lui-même en deux assises : la supérieure qui forme en général les parties hautes des collines, est composée de sables et quelquefois d'argiles bigarrées à couleurs vives et variées. L'inférieure est représentée par le calcaire néocomien proprement dit. Cette dernière roche occupe en général le fond des ravins et le flanc de certaines collines. De Fresnay à Levigny elle forme même une plaine un peu élevée, bornée au sud par les premières collines jurassiques. Au-dessous de ce calcaire est encore une assise de plusieurs mètres de puissance composée de sables blanc et jaunâtre contenant quelques masses de grès. Cette assise arénacée forme la base du terrain néocomien, et par conséquent du terrain crétacé considéré dans son ensemble; plus bas on trouvait le calcaire jurassique. Il est encore à remarquer que ce terrain néocomien, ainsi que le calcaire jurassique qui le supporte, a subi un redressement peu considérable mais cependant bien prononcé vers le S.-E.

» Dans la contrée occupée par les communes de *Ville-sur-Terre, Fresnay, Levigny*, on observe çà et là dans la plaine ou vers la base des collines, enfin à la hauteur du calcaire néocomien, des abîmes souvent très larges et très profonds connus dans le pays sous les noms de *gouffre* ou de *fosse*. Leur forme ordinaire est celle d'un conoïde renversé; mais il y en a aussi qui approchent de la figure d'une pyramide quadrangulaire tronquée.

(1) M. Élie de Beaumont avait deviné ce fait dès 1825, en s'occupant du tracé des limites de terrains sur la carte géologique de France.

» Je donnerai quelques détails sur ceux appelés la *Fosse des Brués* et les *Fosses Cormont*.

» *Fosses des Brués*. — Elle est située tout près et au N.-O. du village de Fresnay dans une plaine. Elle présente la forme d'une pyramide à base carrée renversée et tronquée au sommet. Un côté de la base a 20 mètres; sa profondeur actuelle est d'environ 10 mètres; mais autrefois elle était plus considérable, car le fond est en partie comblé et planté de jeunes arbres. On pense, dans le pays, que ce gouffre communique avec la source placée dans le bas du village. Ce qu'il y a de certain, c'est que cette source, assez faible dans son état ordinaire, s'enfle considérablement et d'une manière soudaine dans les temps de grandes pluies.

» *Fosses Cormont*. — Elles consistent en deux excavations conoïdes presque contiguës, situées au pied de la colline sur laquelle est placé le village de Ville-sur-Terre. Elles communiquent entre elles par une échancrure. L'une d'elles communique de la même manière avec un ravin qui en est très rapproché et qui descend à Soulaines, où il est connu sous le nom de *ru des Vignes*. Chacune de ces fosses a 70 à 80 mètres de circonférence à la surface du sol, et 12 mètres environ de profondeur. Lorsque je les visitai, leur fond était recouvert d'une assez grande quantité d'eau trouble amenée là, quelques jours auparavant, à la suite de pluies abondantes. Dans les circonstances ordinaires, on voit bouillonner au fond des fosses un volume d'eau considérable qui se perd sous terre dans la direction du nord.

» Pour bien apprécier les phénomènes que présentent les *sources* et *fontaines* que j'ai maintenant à considérer, il faudrait prolonger la zone néocomienne jusque vers la partie centrale du département; alors on verrait que toutes les sources assez abondantes pour former immédiatement rivière ou au moins ruisseau à leur sortie, surgissent de la croûte fournie par le calcaire néocomien. En effet, les sources de Vendeuvres (*Barse*), de *Trannes*, de *Vernonvilliers*, de *Soulaines* (Laines), sont dans ce cas. Je me bornerai ici à parler de la plus remarquable, c'est-à-dire de celle de Soulaines à laquelle on donne souvent, dans le pays, le nom de *Dhuys de Soulaines*.

» La *Dhuys de Soulaines* se fait jour au milieu même du bourg, par deux orifices que sépare un intervalle d'environ 10^{m}. L'un est entouré par un puits muré d'un assez grand diamètre, et l'autre, le principal, perce le fond d'un bassin rectangulaire solidement construit en pierres de taille, ayant intérieurement $25^{m},85$ de longueur sur $20^{m},70$ de largeur et $2^{m},80$

de profondeur. Le puits qu'on nomme *le Gouffre,* et le bassin nommé ordinairement *la Fontaine,* restent constamment pleins malgré l'écoulement continuel; le niveau est constamment le même dans les deux réservoirs et y subit les mêmes variations.

» L'eau qui sort en assez grande abondance pour faire tourner deux moulins placés tout près du bassin, forme immédiatement une rivière assez large, nommée la *Laines,* qui entre au bout d'un court trajet dans le département de la Haute-Marne.

» On pense généralement dans le pays que la Dhuys de Soulaines communique avec la fosse Cormont. Il paraît en effet constant qu'il court dans le fond de ce gouffre un ruisseau souterrain, dont la direction est du S. au N. Dans des circonstances favorables, par un été bien sec, on a souvent vérifié le fait : plusieurs personnes m'ont dit avoir vu couler l'eau. On sait ensuite que l'eau se trouble et augmente de volume à Soulaines, sans qu'il ait plu dans la localité, après des orages ayant éclaté du côté de Ville-sur-Terre. (Ce dernier village est placé sur une colline dont les fosses Cormont occupent la partie inférieure; Soulaines est dans un fond au nord, et à une lieue de Ville-sur-Terre. La surface du sol descend depuis les fosses Cormont jusqu'à Soulaines.) Il me semble extrêmement probable que la communication existe. Arrivé là, on n'a fait que reculer la difficulté d'expliquer la sortie immédiate à la surface du sol, d'une masse d'eau jaillissante si considérable. Les considérations suivantes pourront peut-être nous mettre sur la voie de cette explication, et nous permettre en même temps de rendre raison de tous les autres phénomènes que nous venons de faire connaître.

» Les eaux pluviales doivent nécessairement s'infiltrer dans le sol en un grand nombre de points de sa surface, à travers les sables qui forment, dans cette contrée, la principale partie de l'assise supérieure du terrain néocomien, et pénétrer à travers les fissures du calcaire, jusque dans les couches sableuses que nous avons signalées à sa base où elles doivent être plus ou moins maintenues par le calcaire compacte qui forme la partie supérieure du groupe jurassique. Mais c'est principalement vers le bas des collines qui appartiennent à ce même groupe, à la limite qui le sépare du terrain néocomien, que ce phénomène d'infiltration doit s'opérer par les tranches des couches de calcaire néocomien, et surtout par les affleurements des sables inférieurs. Or, tout le système secondaire du département de l'Aube étant légèrement redressé en général vers le *sud-est,* il s'ensuit que les eaux infiltrées doivent se mouvoir en sens

opposé (1); on conçoit dès-lors qu'elles ont dû miner depuis long-temps le sable mouvant sur lequel le calcaire néocomien repose, entraîner au loin une grande partie de ce sable, enfin préparer sous le calcaire des cavités plus ou moins considérables. Il est encore facile de voir qu'elles ont dû couler sur la surface du terrain jurassique, et former des rigoles qui ont dû se réunir comme le font les sources superficielles, pour produire des cours d'eaux souterrains. Il n'est pas non plus difficile de comprendre qu'en certains points, la croûte néocomienne, privée de l'appui qui d'abord la maintenait intacte, ait cédé à la pression qui résultait de son propre poids, et se soit effondrée çà et là, de manière à produire des gouffres; d'autant plus que le calcaire dont il s'agit ne se forme pas en général de bancs bien continus, mais se compose d'amandes irrégulières, accolées par leurs bords, et souvent séparées en partie par une marne grossière, très friable. L'abondance des sources à leur sortie, et notamment celle si remarquable et si soudaine de la Dhuys de Soulaines, et la correspondance de cette fontaine avec le courant qu'on a observé au fond des fosses Cormont, se trouvent aussi tout naturellement expliquées. On conçoit en effet, que dans les cas ordinaires, des filets d'eaux souterrains, resserrés dans un petit canal dont ils remplissent toute la capacité et sur les parois duquel ils exercent une pression, tendent à s'élever et profitent pour cela de la première fissure qui se présente avant d'avoir pu acquérir un certain volume. Mais dans les circonstances actuelles, toutes les infiltrations ont pu se réunir librement dans un espace vide, et former avant de sortir un ruisseau souterrain assez considérable; un obstacle quelconque étant venu s'opposer à son écoulement intérieur, ce ruisseau a dû se faire une issue et venir au jour se montrer avec tout le volume qu'il avait acquis sous la surface extérieure du sol. L'étude détaillée de la géologie de Soulaines permet très bien de trouver et de toucher au doigt cet obstacle. Quant au jaillissement, c'est une conséquence naturelle de la position de Soulaines dans un fond et sur le prolongement inférieur des mêmes couches néocomiennes qui se présentent à Ville-sur-Terre, à un niveau bien supérieur, par suite de l'inclinaison générale dont j'ai déjà parlé. »

---

(1) D'après M. de Marco, maire de Ville-sur-Terre, auquel je dois plusieurs autres renseignements, l'eau des puits du village aurait en général un mouvement de translation dirigé de l'E. à l'O. ou du *S.-E.* au *N.-O.*

Lettre de **M. Bugnot**, *inspecteur des bâtiments de l'Hôtel des Invalides, à* M. Arago, *sur le coup de tonnerre qui a frappé le dôme, le* 8 *juin* 1839.

« J'ai l'honneur de vous adresser quelques renseignements rectificatifs de ceux, très inexacts, fournis à l'Académie des Sciences, par le sieur Leymerie, sur les effets, à l'Hôtel royal des Invalides, de l'orage du samedi, 8 juin.

» Il est vrai que la foudre est tombée sur le dôme des Invalides, et que, par suite de la fracture de l'une des chaînes métalliques servant de conducteur, elle s'est précipitée dans une petite cour attenant; mais là s'arrête l'exactitude des détails adressés par le sieur Leymerie.

» La chaîne était parfaitement entière et très solide, six jours avant l'événement. Elle avait été visitée, le 2 juin, par les officiers des bâtiments, et la fracture étant à la hauteur de la main, il eût été impossible de ne pas s'en apercevoir.

» J'ai la certitude qu'elle a été brisée par la foudre elle-même; la preuve de ce fait résulte :

» 1°. De l'examen attentif qui en avait été fait dans la visite du 2 juin;

» 2°. De l'observation faite immédiatement après l'orage. Nous avons reconnu qu'il n'y avait pas simple solution de continuité, comme elle aurait pu résulter de l'oxidation du métal; mais qu'une longueur d'au moins trente centimètres avait été brisée et dispersée en une infinité de morceaux de longueurs égales, n'excédant pas quarante millimètres.

» Cette chaîne est composée d'environ vingt fils de fer cablés; elle passe à l'endroit où elle a été brisée dans un anneau ou collier en fer, scellé dans le mur; et, sans doute pour diminuer l'effort de son poids, elle était tortillée deux fois autour de ce collier. Cette disposition, qui me paraît vicieuse, jointe aux directions angulaires que prenait la chaîne à cet endroit, me semble être la cause de la fracture. Cependant les choses sont ainsi depuis l'établissement des paratonnerres, et jamais rien de semblable n'était arrivé.

» Les autres effets de la décharge électrique sont ceux-ci :

» 1°. Une soixantaine de clous fixant les plombs dorés autour de la lanterne du dôme, sur une circonférence d'environ 20 mètres, et à 50 mètres au moins au-dessus du point de rupture de la chaîne, ont été violemment arrachés et dispersés dans toutes les directions;

» 2°. Le plomb est soulevé à l'emplacement de ces clous, et forme des saillies de 30 à 40 millimètres;

3°. Le plomb garnissant la base d'une des colonnes de la lanterne a été arraché sans que nous ayons pu en retrouver le moindre vestige ; cependant il n'y a aucune trace de fusion ni de vitrification.

» 4°. Après la rupture de la chaîne conductrice, la foudre s'est précipitée sur un petit bâtiment où sont les salles de bain ; elle a brisé en quatre morceaux, qu'elle a lancés à quatre mètres du mur sur lequel elle était appuyée, une pierre d'environ $1^{m},25$ de haut, sur 0,30 de large, et du poids de 77 kilogrammes.

» Il est à remarquer que cette pierre n'était attachée au mur par aucun lien métallique, mais qu'elle masquait l'orifice d'un tuyau en plomb servant à la décharge des eaux du réservoir des bains.

» 5°. A droite, en regardant cette pierre, est une porte donnant entrée aux salles de bains. Cette porte était ouverte au moment de la chute du tonnerre, et quoique la pièce soit remplie de vingt baignoires en cuivre, de robinets, tuyaux et armatures de pompes, la foudre n'y a pas pénétré. Le baigneur était sur le seuil de cette porte et n'a rien ressenti, qu'un peu de frayeur très naturelle, puisqu'il n'était pas à 50 centimètres de la pierre foudroyée. . . . .

» 6°. A droite, toujours en regardant la porte, est une croisée défendue par une grille en fer carré. Les quatre grands carreaux de cette croisée ont été brisés en morceaux dont le plus grand avait à peine 2 centimètres de côté.

» 7°. Plusieurs autres carreaux ont été cassés, mais je pense que ce dégât doit être attribué plutôt à la commotion qu'à une action directe.

» 8°. Enfin, sur le toit de ce bâtiment, au-dessus de la porte d'entrée de la salle de bain, plusieurs ardoises ont été criblées de trous, comme aurait pu le faire une décharge de mitraille.

» Voilà, Monsieur, les détails des effets produits par cet orage. Ma relation un peu longue, à défaut d'autres mérites, a au moins celui d'être exacte et consciencieuse.

» L'assertion d'une solution de continuité dans le conducteur, antérieure à l'orage, et les témoignages invoqués à l'appui, ne méritent aucune créance. »

(Nous reviendrons sur le coup de tonnerre des Invalides, et sur les conséquences qui semblent en découler, dès que nous aurons reçu divers documents qu'il nous est encore permis d'espérer.)

PUITS ARTÉSIENS. — M. *Arago* met sous les yeux de l'Académie, deux

échantillons de craie que M. *Mulot* a extraits du puits foré de l'abattoir de Grenelle, aux profondeurs de 466 mètres et de 466 ½ mètres. A la première de ces deux profondeurs, la sonde était encore dans la craie blanche. Un demi-mètre plus bas elle entamait la craie verte.

Il résulte d'un tableau que M. *Arago* a également reçu de M. *Mulot*, que le puits artésien, creusé à *Tours* par cet habile sondeur, à la profondeur de $212^m,7$, dans la propriété de M. *Champoiseau*, donne 4000 litres d'eau par minute, à $0^m,5$ au-dessus du sol. A 6^m, le produit par minute est réduit à 1800 litres.

Cette grande quantité d'eau fait tourner la roue hydraulique de la filature de M. *Champoiseau*.

MÉTÉORE LUMINEUX. — Le 6 juin 1839, vers $9^h \frac{1}{4}$ du soir, un météore lumineux très brillant et d'un grand volume, a été observé à *Cambrai* par Mme *Laure Failly*. Il se mouvait du *sud-ouest* à l'*ouest*, en laissant à sa suite un certain nombre de globules enflammés.

A *Évreux*, le météore, d'après les observations de M. *Boutigny*, pharmacien, paraissait se mouvoir du *sud-est* au *nord-ouest*. Des étincelles brillantes s'en détachaient. Il s'éteignit avant d'atteindre l'horizon.

Un journal annonce que le même météore a été vu à *Chambéry*; que dans sa marche il laissait après lui une traînée lumineuse; que sa descente s'opéra dans un plan vertical.

MÉTÉOROLOGIE. — *Pluie extraordinaire.*

M. *Quetelet* écrit à M. *Arago* que la pluie, en quelque sorte diluviale, qui tomba dans une grande partie de la Belgique le 4 juin 1839, et qui occasiona la ruine presque complète du village de *Burght*, près de Vilvorde, donna à *Bruxelles*, sur la terrasse de l'Observatoire,

$$112^{\text{millim.}},78 \text{ d'eau en } 24 \text{ heures};$$

c'est-à-dire environ le sixième de l'eau qui tombe annuellement.

Ce résultat paraîtra d'autant plus considérable, que l'orage du 4 juin ne fournit réellement de grandes quantités d'eau que pendant 3 heures (de 9 heures à minuit).

De 1833 à 1838 inclusivement, on n'avait jamais recueilli à Bruxelles plus de $50^{\text{millim.}},3$ de pluie en 24 heures.

MÉTÉOROLOGIE. — *Halo.*

Le 2 juin 1839, M. *Quetelet* a trouvé, à *Bruxelles*, pour le rayon d'un halo, d'après la moyenne de plusieurs mesures :

$$22^\circ 27'.$$

A midi, époque des observations, le thermomètre extérieur marquait +16°,8 centigrades, l'hygromètre de Saussure 70°, et le baromètre 756^{mm},3.

MÉTÉOROLOGIE. — L'Académie a reçu, dans cette séance, des tableaux d'observations météorologiques faites à *Cherbourg*, par M. le capitaine de vaisseau *Lamarche*, et à l'*île Maurice*, par M. *Julien Desjardins*.

M. **Delpon** écrit relativement aux dispositions qu'il lui semblerait utile de donner aux fils conducteurs dans les *télégraphes électriques*.

M. **Johnson** adresse un flacon d'une *encre* de sa composition; il annonce que cette encre, dont la couleur est verte au moment où l'écriture vient d'être tracée, prend, au bout de vingt-quatre heures, un beau noir; M. Johnson ajoute qu'elle se conserve toujours coulante et ne forme jamais de dépôt.

M. **Dourlen** demande qu'un opuscule imprimé, qu'il a adressé précédemment et qui a pour titre : *Essai sur la Vaccine*, soit soumis à l'examen de la Commission chargée de l'examen des pièces adressées au concours pour le prix proposé concernant la variole et la vaccine.

M. **Claudel** annonce l'intention de soumettre à l'Académie un ouvrage sur l'enseignement des Mathématiques.

MÉCANIQUE. — M. **Passot** écrit au sujet de ses précédents travaux sur les turbines et sur l'usage du frein de M. *de Prony* dans la mesure de la force des machines. M. le Président n'ayant pas voulu laisser achever la lecture d'une lettre rédigée en termes fort peu académiques, M. *Arago* déclare que malgré son desir d'éviter toute polémique avec M. Passot, il se croira obligé, dans une des prochaines séances, de signaler les erreurs capitales sur lesquelles se fonde la critique que ce mécanicien a faite du frein. M. Arago s'est aperçu que les erreurs en question, malgré ce qu'elles ont de manifeste, n'ont pas empêché quelques personnes de croire et de pu-

blier que l'instrument de M. *de Prony* est fautif. Il est important d'empêcher une semblable opinion de se répandre dans les ateliers.

M. Boutigny adresse un *paquet cacheté*, portant pour suscription : « Formule d'une loi sur la *caléfaction.* »

L'Académie en accepte le dépôt.

A quatre heures et demie, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à cinq heures. A.

Erratum. (Séance du 10 juin.)

Page 908, ligne 6, Cette chaleur totale est absorbée, *lisez* Une partie de cette chaleur totale est absorbée

---

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 23, in-4°.

Annales des Sciences naturelles; tome 11, février 1839, in-8°.

Lettres sur les Révolutions du globe; par M. A. BERTRAND; 5e édit. enrichie de nouvelles notes par MM. ARAGO, ÉLIE DE BEAUMONT et AD. BRONGNIART; Paris, 1839, in-8°.

Mémoire sur la cause et les effets de la Fermentation alcoolique et acéteuse; par M. TURPIN; in-4°.

Description des Machines et Procédés consignés dans les Brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation; tome 35, in-4°.

Quatorzième supplément du Catalogue des spécifications des Brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation; 1838, in-8°.

Mémoire sur la section du Tendon d'Achille dans le traitement des pieds-bots; par M. BOUVIER; 1838, in-4°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée, par M. ANATOLE DEMIDOFF; 11e liv. de texte in-8°, et 2e liv. de planches in-fol.

Recherches médico-physiologiques sur l'Électricité animale; par M. COUDRET; in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours de Physiologie expérimentale.)

Mémoires de la Société Géologique de France; tome 3e, 2e partie, in-4°.

L'Impôt suivant la Charte. — Tableau.

Disquisitions hilarchiques et physiologiques exposées dans différentes thèses; par M. F. JOSSE (de Rennes); 5e broch. in-8°. (Ile Maurice.)

Disquisitiones hilarchicæ et physiologicæ; par M. F. JOSSE (de Rennes); traduction en latin d'un des cinq opuscules de M. Josse; M. H.-L. LORQUET (île Maurice); in-8°.

Commentatio de usu Experientiarum metallurgicarum ad disquisitiones geologicas adjuvandas; auct. M. HAUSMANN; Gottingue, 1838, in-4°.

Canon arithmeticus sive tabulæ quibus exhibentur pro singulis numeris primis vel primorum potestatibus infra 1000 *numeri ad datos indices et indices ad datos numeros pertinentes. — Impensis Academicæ litterarum regiæ Borussiceæ,* edidit C.-G.-J. JACOBI; Berlin, 1839, in-4°.

Synopsis Reptilium Sardiniæ indigenorum; auct. M. J. Gené; Turin; in-4°.

Synopsis Vertebratorum systematis; auct. M. C.-L. Bonaparte, prince de Musignano; in-8°.

Experimental..... *Recherches expérimentales sur l'Électricité; par* M. Faraday; série 1—14 inclusivement. Tables. (Extrait des *Transactions philosophiques.*) In-4°.

Geometrical.... *Théorèmes de Géométrie et Formules d'analyse, avec leur application à la solution de certains problèmes de Géodésie; par* M. W. Wallace; Édimbourg, 1839, in-8°.

Results of.... *Résultats d'expériences sur les vibrations des Pendules avec des ressorts différents de suspension; par* M. Frodsham; Londres; in-4°.

The London.... *Magasin philosophique et journal de Sciences de Londres et d'Édimbourg;* juin 1839, in-8°.

The Athenæum, journal, etc.; mai 1839, in-4°.

Saggio.... *Essai d'Analyse géométrique traité par une nouvelle méthode; par* M. D. Chelini; Rome, 1838, in-8°. (M. Liouville est prié d'en rendre un compte verbal.)

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; juin 1839, in-8°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 69—71, in-fol.

L'Expérience, journal; n° 102.

L'Éducateur; nov. et déc. 1838, in-4°.

L'Esculape, journal des spécialités médico-chirurgicales; 1re année, n° 2.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUIN 1839.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la réflexion et la réfraction d'un mouvement simple transmis d'un système de molécules à un autre, chacun de ces deux systèmes étant supposé homogène et tellement constitué que la propagation des mouvements infiniment petits s'y effectue en tous sens suivant les mêmes lois; par* M. Augustin Cauchy.

Considérations générales.

« Après avoir montré, dans la dernière séance, ce que deviennent les équations des mouvements infiniment petits d'un ou de deux systèmes de molécules, quand elles prennent une forme indépendante de la position des axes coordonnés, je me proposais de présenter à l'Académie les formules auxquelles se réduisent, dans ce cas particulier, les intégrales générales insérées dans le dernier *Compte rendu.* Mais comme chacun peut aisément effectuer cette réduction sur laquelle, d'ailleurs, je pourrai revenir soit dans un autre Mémoire, soit dans le nouvel ouvrage qui est maintenant sous presse, et qui a pour titre : *Exercices d'Analyse et de Physique mathématique*, j'ai pensé que, pour répondre au désir des physiciens et des géomètres, il serait mieux de traiter dès à présent les ques-

tions sur lesquelles la lettre de M. Mac-Cullagh a rappelé leur attention lundi dernier, et d'appliquer les théories générales, exposées dans mes précédents Mémoires, à la recherche des lois suivant lesquelles un mouvement simple, propagé dans un système homogène de molécules se trouve réfléchi ou réfracté par la surface qui sépare ce premier système du second. Pour fixer les idées, je considère spécialement aujourd'hui le cas où chacun des systèmes donnés est du nombre de ceux dans lesquels les équations des mouvements infiniment petits prennent une forme indépendante de la direction des axes coordonnés, et dans lesquels, en conséquence, la propagation du mouvement s'effectue en tous sens suivant les mêmes lois. Je suppose encore qu'on peut, sans erreur sensible, réduire les équations dont il s'agit, à des équations homogènes, comme on le fait dans la théorie de la lumière, lorsqu'on néglige la dispersion. Enfin, je considère un mouvement simple dans lequel la densité reste invariable. Cela posé, en joignant aux équations des mouvements infiniment petits, les équations de condition relatives à la surface de séparation de deux systèmes, obtenues par les méthodes exposés dans un précédent Mémoire, j'établis les lois de la réflexion et de la réfraction des mouvements infiniment petits. Ces lois sont de deux espèces. Les unes, indépendantes de la forme des équations de condition, ont été déjà développées dans un Mémoire antérieur sur la réflexion et la réfraction de la lumière. Elles sont relatives aux changements qu'éprouvent les épaisseurs des ondes planes et les directions de leurs plans, quand on passe des ondes incidentes aux ondes réfléchies ou réfractées. Les autres lois dépendent de la forme des équations de condition, et se rapportent aux changements que les amplitudes des vibrations des molécules, et les paramètres angulaires, propres à déterminer les positions des plans qui terminent ces ondes, éprouvent en vertu de la réflexion et de la réfraction. Elles sont exprimées par des équations finies qui renferment avec les angles d'incidence et de réfraction, non-seulement les amplitudes et les paramètres angulaires relatifs à chaque espèce d'ondes, mais encore deux constantes correspondantes à chaque milieu. Lorsque l'on suppose ces équations finies applicables à la théorie de la lumière, il suffit de réduire à l'unité la seconde des deux constantes dont nous venons de parler, et d'attribuer à l'autre une valeur réelle pour obtenir les formules de Fresnel, relatives à la réflexion et à la réfraction opérées par la première ou la seconde surface des corps transparents; et alors il existe toujours un angle de polarisation complète, c'est-à-dire un angle d'incidence pour lequel la

lumière est complétement polarisée dans le plan de réflexion. Lorsqu'en réduisant la seconde constante à l'unité, on attribue à la première une valeur imaginaire, on obtient les formules dont il est question dans une lettre adressée de Prague à M. Libri, et insérée dans le *Compte rendu* de la séance du 2 mars 1836; formules dont plusieurs ne diffèrent pas au fond de celles que M. Mac-Cullagh a données dans un article publié sous la date du 24 octobre de la même année. Enfin, lorsqu'en supposant la première constante réelle ou imaginaire, on suppose la seconde différente de l'unité, alors, en considérant les formules auxquelles on arrive comme applicables à la théorie de la lumière, on trouve, dans la réflexion opérée sur la surface d'un corps transparent, une polarisation qui demeure incomplète sous tous les angles d'incidence, comme l'est effectivement la polarisation produite par le diamant, et l'on obtient, pour représenter les rayons réfléchis ou réfractés par un corps opaque des formules distinctes de celles que j'avais trouvées en 1836. Des expériences faites avec beaucoup de soin pourront seules nous apprendre si les phénomènes, déjà représentés avec une assez grande précision par les anciennes formules, le seront mieux encore par les autres.

» Un résultat de mon analyse qui paraît digne d'être remarqué, c'est que, dans le cas où la polarisation par réflexion devient complète, la dilatation du volume de l'éther en un point donné, différentiée deux fois de suite par rapport au temps, offre une dérivée du second ordre égale à zéro, dans chacun des milieux que l'on considère. Donc, si cette dilatation et sa dérivée de premier ordre s'évanouissent partout à l'origine du mouvement, excepté dans une très petite portion de l'espace, elles s'évanouiront encore au bout d'un temps quelconque. Il en résulte aussi que, dans l'éther considéré isolément ou renfermé dans des milieux qui polarisent complétement la lumière, les vibrations dirigées dans le sens des rayons lumineux, ont une vitesse de propagation nulle. On peut donc admettre que les vibrations de cette espèce ne se propagent pas, et demeurent circonscrites dans l'espace où elles ont pris naissance.

» Quoi qu'il en soit, la bienveillance avec laquelle les géomètres et les physiciens ont accueilli mes précédents Mémoires, m'encourage à leur présenter avec confiance ce nouveau travail, dans lequel se trouve traité, pour la première fois, par des méthodes rigoureuses substituées à des formules empiriques ou à des hypothèses plus ou moins gratuites, le problème de la réflexion et de la réfraction des mouvements infiniment petits.

» Pour ne pas trop allonger ce Mémoire, je me bornerai aujourd'hui à donner une idée succincte de la marche que j'ai suivie, et à établir les principales formules dont les conséquences seront développées dans un prochain article.

§ Ier. *Équations des mouvements infiniment petits d'un système homogène de molécules. Réduction de ces équations dans le cas où elles deviennent indépendantes de la direction des axes coordonnés.*

» Pour obtenir, sous la forme la plus simple, les équations des mouvements infiniment petits d'un système homogène de molécules, il suffit de réduire à zéro les variables $\xi_{,}$, $\eta_{,}$, $\zeta_{,}$, dans les équations (6) de la page 814 (séance du 27 mai), qui deviennent alors

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} (\mathrm{L}-\mathrm{D}_t^2)\,\xi+\mathrm{R}\eta+\mathrm{Q}\zeta=0,\\ \mathrm{R}\xi+(\mathrm{M}-\mathrm{D}_t^2)\,\eta+\mathrm{P}\zeta=0,\\ \mathrm{Q}\xi+\mathrm{P}\eta+(\mathrm{N}-\mathrm{D}_t^2)\,\zeta=0. \end{array}\right.$$

Dans ces équations

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

sont les trois déplacements d'une molécule, considérés comme fonctions du temps t et des coordonnées rectangulaires x, y, z; tandis que

$$\mathrm{L},\ \mathrm{M},\ \mathrm{N},\ \mathrm{P},\ \mathrm{Q},\ \mathrm{R},$$

peuvent être censés représenter des fonctions entières des caractéristiques

$$\mathrm{D}_x,\ \mathrm{D}_y,\ \mathrm{D}_z.$$

Seulement, dans le cas général, ces fonctions entières, développées suivant les puissances ascendantes de D_x, D_y, D_z, sont composées d'un nombre infini de termes.

» Dans le cas où les équations (1) prennent une forme indépendante de la direction des axes coordonnés (voir l'article inséré dans le *Compte rendu* de la séance du 17 juin, et aussi le Mémoire sur la théorie de la lumière, lithographié, sous la date d'août 1836, pages 55 et 59), on a

$$\begin{array}{lll} \mathrm{L}=\mathrm{E}+\mathrm{F}\mathrm{D}_x^2, & \mathrm{M}=\mathrm{E}+\mathrm{F}\mathrm{D}_y^2, & \mathrm{N}=\mathrm{E}+\mathrm{F}\mathrm{D}_z^2,\\ \mathrm{P}=\mathrm{F}\mathrm{D}_y\mathrm{D}_z, & \mathrm{Q}=\mathrm{F}\mathrm{D}_z\mathrm{D}_x, & \mathrm{R}=\mathrm{F}\mathrm{D}_x\mathrm{D}_y, \end{array}$$

E, F, désignant deux fonctions entières du trinome

$$\mathrm{D}_x^2+\mathrm{D}_y^2+\mathrm{D}_z^2;$$

et par suite,

$$(2)\qquad (\mathrm{D}_t^2-\mathrm{E})\,\xi=\mathrm{F}\mathrm{D}_x\upsilon,\quad (\mathrm{D}_t^2-\mathrm{E})\,\eta=\mathrm{F}\mathrm{D}_y\upsilon,\quad (\mathrm{D}_t^2-\mathrm{E})\,\zeta=\mathrm{F}\mathrm{D}_z\upsilon,$$

υ désignant, pour le point x, y, z, la dilatation du volume déterminée par la formule

$$(3) \qquad \upsilon = D_x\xi + D_y\eta + D_z\zeta,$$

de laquelle on tire, en la combinant avec les équations (2)

$$(4) \qquad [D_t^2 - E - (D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)F]\upsilon = 0.$$

Soient d'ailleurs

$$a, \ b, \ c,$$

les cosinus des angles formés par un axe fixe, prolongé dans un certain sens, avec les demi-axes des x, y, z, positives; et ε le déplacement d'une molécule, mesuré parallèlement à cet axe. On aura

$$(5) \qquad \varepsilon = a\xi + b\eta + c\zeta,$$

et l'on tirera des formules (2)

$$(6) \qquad (D_t^2 - E)\varepsilon = (aD_x + bD_y + cD_z)F\upsilon,$$

puis de celle-ci, combinée avec la formule (4),

$$(7) \qquad (D_t^2 - E)[D_t^2 - E - (D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)F]\varepsilon = 0.$$

» Lorsque la dilatation υ, et sa dérivée du premier ordre, relative à t, savoir, $D_t\upsilon$, sont nulles à l'origine du mouvement, elles sont toujours nulles, en vertu de la formule (4). Alors la densité du système de molécules donné reste invariable pendant la durée du mouvement; et c'est ce qui paraît avoir lieu à l'égard des mouvements infiniment petits de l'éther qui, dans des corps isophanes, occasionent la sensation de la lumière. Alors aussi la formule (3) donne

$$(8) \qquad D_x\xi + D_y\eta + D_z\zeta = 0,$$

et les formules (2) se réduisent à

$$(9) \qquad (D_t^2 - E)\xi = 0, \quad (D_t^2 - E)\eta = 0, \quad (D_t^2 - E)\zeta = 0.$$

» Lorsque les équations des mouvements infiniment petits sont homogènes, E devient proportionnel à $D_x^2 + D_y^2 + D_z^2$, et F se réduit à une constante. On peut donc alors supposer

$$(10) \qquad E = \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2),$$

et

$$(11) \qquad F = \iota f,$$

ι, f désignant deux constantes réelles. Cela posé, les formules (2), (4) et (7)

donneront

$$(12)\quad \begin{cases} [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\,\xi = \iota\, f\, D_x \upsilon, \\ [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\,\eta = \iota\, f\, D_y \upsilon, \\ [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\,\zeta = \iota\, f\, D_z \upsilon; \end{cases}$$

$$(13)\quad [D_t^2 - \iota(1+f)(D_x^2+D_y^2+D_z^2)]\,\upsilon = 0,$$

$$(14)\quad [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\,[D_t^2 - \iota(1 + f)\,(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\,8 = 0$$

§ II *Équations symboliques des mouvements infiniment petits. Mouvements simples.*

» Les équations (1), (2), (3), (4), (7),... du paragraphe précédent se trouvent vérifiées, si l'on prend pour

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ 8,\ \upsilon,$$

les parties réelles de variables imaginaires

$$\bar\xi,\ \bar\eta,\ \bar\zeta,\ \bar 8,\ \bar\upsilon,$$

propres à vérifier des équations de même forme. Ces nouvelles variables sont ce qu'on peut appeler les *déplacements symboliques*, mesurés parallèlement aux axes coordonnés ou à un axe fixe, et la *dilatation symbolique* du volume. Les nouvelles équations dont il s'agit peuvent être pareillement désignées sous le nom d'*équations symboliques*. Dans le cas où les équations des mouvements infiniment petits deviendront indépendantes de la direction des axes coordonnés, on aura, en vertu des formules (2) et (3) du § Ier,

$$(1)\quad (D_t^2 - E)\,\bar\xi = F D_x \bar\upsilon,\ \ (D_t^2 - E)\,\bar\eta = F D_y \bar\upsilon,\ \ (D_t^2 - E)\,\bar\zeta = F D_z \bar\upsilon;$$

la valeur de $\bar\upsilon$ étant

$$(2)\quad \bar\upsilon = D_x\bar\xi + D_y\bar\eta + D_z\bar\zeta;$$

ou, ce qui revient au même

$$(3)\quad \begin{cases} (D_t^2 - E)\,\bar\xi = F D_x (D_x\bar\xi + D_y\bar\eta + D_z\bar\zeta), \\ (D_t^2 - E)\,\bar\eta = F D_y (D_x\bar\xi + D_y\bar\eta + D_z\bar\zeta), \\ (D_t^2 - E)\,\bar\zeta = F D_z (D_x\bar\xi + D_y\bar\eta + D_z\bar\zeta). \end{cases}$$

» Un moyen fort simple d'obtenir un systeme d'intégrales particulières des équations (3), ou ce qui revient au même, des équations (1) et (2), est de supposer

$$(4)\quad \bar\xi = A e^{ux+vy+wz-st},\ \ \bar\eta = B e^{ux+vy+wz-st},\ \ \bar\zeta = C e^{ux+vy+wz-st}$$

et par suite

$$(5) \qquad \bar{v} = (uA + vB + wC)e^{ux+vy+wz-st},$$

u, v, w, s, A, B, C, étant des constantes réelles ou imaginaires, propres à vérifier les formules

$$(6) \qquad \begin{cases} (s^2 - \mathcal{E})\,A = \mathcal{F}u(uA + vB + wC), \\ (s^2 - \mathcal{E})\,B = \mathcal{F}v(uA + vB + wC), \\ (s^2 - \mathcal{E})\,C = \mathcal{F}w(uA + vB + wC); \end{cases}$$

dans laquelle

$$\mathcal{E},\ \mathcal{F},$$

représentent ce que deviennent

$$E,\ F,$$

quand on y remplace les lettres caractéristiques

$$D_x,\ D_y,\ D_z,\ D_t,$$

par les coefficients

$$u,\ v,\ w,\ s.$$

D'ailleurs on pourra toujours supposer que, dans les formules (4), la partie imaginaire de la constante s est le produit de $\sqrt{-1}$ par une quantité positive.

» En posant, pour abréger

$$(7) \qquad u^2 + v^2 + w^2 = k^2,$$

on tire des équations (6), respectivement multipliées par u, v, w, puis combinées entre elles par voie d'addition

$$(8) \qquad (s^2 - \mathcal{E} - \mathcal{F}k^2)(uA + vB + wC) = 0;$$

et à l'aide de cette dernière formule, on reconnaît facilement que, pour satisfaire aux équations (6), on devra supposer ou

$$(9) \qquad s^2 = \mathcal{E}, \quad uA + vB + wC = 0,$$

ou

$$(10) \qquad s^2 = \mathcal{E} + \mathcal{F}k^2, \quad \frac{A}{u} = \frac{B}{v} = \frac{C}{w}.$$

On arriverait aux mêmes conclusions en observant que, si l'on nomme

$$a,\ b,\ c;$$

les cosinus des angles formés par un axe fixe, avec les demi-axes des x, y, z positives, $\mathfrak{s}$ le déplacement mesuré parallèlement à cet axe, et $\bar{\mathfrak{s}}$ le déplacement symbolique correspondant, on aura, en vertu des formules (5), (7) du § I[er],

(11) $$\bar{8} = a\bar{\xi} + b\bar{\eta} + c\bar{\zeta},$$

(12) $$(D_t^2 - E)[D_t^2 - E - (D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)E]\bar{8} = 0,$$

et que de ces dernières, combinées avec les formules (4), on tirera

(13) $$(s^2 - \mathcal{E})(s^2 - \mathcal{E} - \mathfrak{F}k^2) = 0.$$

» Le système d'intégrales particulières des équations (3), représenté par les équations (4) jointes aux formules (9) ou (10), est ce que nous appelons un système d'*intégrales simples;* et le mouvement représenté par ces intégrales simples, est un *mouvement simple*. Dans un semblable mouvement, si l'on pose pour abréger

(14) $$aA + bB + cC = 0,$$

la valeur de 8 déterminée par la formule (11) sera

(15) $$\bar{8} = \mathrm{O}e^{ux+vy+wz-st}.$$

Cela posé, soient

(16) $$u = \mathrm{U} + \mathrm{u}\sqrt{-1}, \quad v = \mathrm{V} + \mathrm{v}\sqrt{-1}, \quad w = \mathrm{W} + \mathrm{w}\sqrt{-1},$$

(17) $$s = \mathrm{S} + \mathrm{s}\sqrt{-1},$$

(18) $$\mathrm{O} = \mathrm{h}e^{\varpi\sqrt{-1}},$$

$\mathrm{u}, \mathrm{v}, \mathrm{w}, \mathrm{s}, \mathrm{U}, \mathrm{V}, \mathrm{W}, \mathrm{S}, \mathrm{h}, \varpi$, désignant des constantes réelles, parmi lesquelles

$$\mathrm{s}, \ \mathrm{h},$$

peuvent être censées positives, et prenons encore

(19) $$\mathrm{k} = \sqrt{\mathrm{u}^2 + \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2}, \quad \mathrm{K} = \sqrt{\mathrm{U}^2 + \mathrm{V}^2 + \mathrm{W}^2},$$

(20) $$\mathrm{k}\mathrm{r} = \mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z, \quad \mathrm{K}\mathrm{R} = \mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z.$$

Les valeurs numériques de

$$\mathrm{r}, \ \mathrm{R},$$

exprimeront les distances d'une molécule aux deux *plans invariables*, représentés par les équations

(21) $$\mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z = 0, \quad (22) \quad \mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z = 0,$$

et la formule (14) donnera

(23) $$\bar{8} = \mathrm{h}e^{\mathrm{K}\mathrm{R} - \mathrm{S}t}\, e^{(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \varpi)\sqrt{-1}},$$

puis on en conclura

(24) $$8 = \mathrm{h}e^{\mathrm{K}\mathrm{R} - \mathrm{S}t}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \varpi).$$

En vertu de cette dernière formule, le déplacement ε s'évanouit 1° pour une molécule donnée, à des instants séparés les uns des autres par des intervalles dont le double

(25) $$T = \frac{2\pi}{s}$$

est la *durée d'une vibration* moléculaire, 2° à un instant donné, pour toutes les molécules comprises dans des plans équidistants, parallèles au plan invariable que représente l'équation (21), et séparés les uns des autres par des intervalles dont le double

(26) $$l = \frac{2\pi}{k}$$

est la *longueur d'une ondulation*, ou l'épaisseur d'une *onde plane*. L'exponentielle

$$e^{Kr - St}$$

représente le *module* du mouvement simple,

$$K,\ S$$

étant les *coefficients d'extinction* relatifs à l'espace et au temps; ϖ désigne le *paramètre angulaire* relatif à l'axe fixe que l'on considère,

$$he^{Kr - St}$$

la *demi-amplitude* des vibrations relatives au même axe, et

$$h$$

la valeur initiale de cette demi-amplitude en chaque point du plan invariable représenté par l'équation (22). Enfin la vitesse de propagation Ω des ondes planes est déterminée par la formule

(27) $$\Omega = \frac{s}{k} = \frac{l}{T}.$$

» Dans un mouvement simple, déterminé par le système des formules (4) et (9), l'équation (5) donne

(28) $$\bar{v} = 0,$$

par conséquent

(29) $$v = 0.$$

Donc, dans un semblable mouvement, la dilatation du volume est nulle, ou, en d'autres termes, la densité demeure constante. Tels paraissent être,

dans les corps isophanes, les mouvements de l'éther qui donnent naissance aux phénomènes lumineux.

» De la seconde des formules (9) ou (10) jointe aux formules (4) on tire

$$u\bar{\xi} + v\bar{\eta} + w\bar{\zeta} = 0, \tag{30}$$

ou

$$\frac{\bar{\xi}}{u} = \frac{\bar{\eta}}{v} = \frac{\bar{\zeta}}{w}. \tag{31}$$

D'ailleurs la formule (30) ou (31) entraîne la suivante,

$$u\xi + v\eta + w\zeta = 0, \tag{32}$$

ou

$$\frac{\xi}{u} = \frac{\eta}{v} = \frac{\zeta}{w}, \tag{33}$$

1° lorsque les coefficients u, v, w sont réels, 2° lorsque ces coefficients n'offrent pas de parties réelles. Dans le premier cas, les formules (32) et (33) donneront

$$\mathrm{U}\xi + \mathrm{V}\eta + \mathrm{W}\zeta = 0, \tag{34}$$

ou

$$\frac{\xi}{\mathrm{U}} = \frac{\eta}{\mathrm{V}} = \frac{\zeta}{\mathrm{W}}; \tag{35}$$

dans le second cas elles donneront

$$\mathrm{u}\xi + \mathrm{v}\eta + \mathrm{w}\zeta = 0; \tag{36}$$

ou

$$\frac{\xi}{\mathrm{u}} = \frac{\eta}{\mathrm{v}} = \frac{\zeta}{\mathrm{w}}. \tag{37}$$

En conséquence les vibrations moléculaires, représentées par les équations (4) jointes aux formules (9) ou (10), seront, dans le premier cas parallèles ou perpendiculaires au plan invariable représenté par l'équation (22), et dans le second cas parallèles ou perpendiculaires au plan invariable représenté par l'équation (21).

» Si les équations des mouvements infiniment petits deviennent homogènes, on aura, en vertu des formules (10), (11) du § I[er]

$$\mathcal{E} = \iota k^2, \quad \mathcal{F} = \iota \mathrm{f}, \tag{38}$$

ι, f désignant des constantes réelles, et par conséquent les valeurs de s^2 que fournissent les équations (9), (10) deviendront

$$s^2 = \iota k^2, \qquad s^2 = \iota(1 + \mathrm{f})k^2, \tag{39}$$

ou, ce qui revient au même

$$s^2 = \iota(u^2+v^2+w^2), \quad s^2 = \iota(1 + \mathrm{f})(u^2 + v^2 + w^2). \tag{40}$$

§ III. *Sur les perturbations qu'éprouvent les mouvements simples, lorsque les équations des mouvements infiniment petits sont altérées dans le voisinage d'une surface plane.*

» Concevons que les molécules qui composent le système donné étant toutes situées d'un même côté d'un plan fixe, la constitution du système, et par suite les équations des mouvements infiniment petits se trouvent altérées dans le voisinage de ce plan. Supposons, par exemple, que toutes les molécules étant situées du côté des x positives, les équations des mouvements infiniment petits conservent constamment la même forme pour des valeurs de x positives et sensiblement différentes de zéro, mais que, dans le voisinage du plan des y, z, ces équations changent de forme sans cesser d'être linéaires, et de telle sorte que les coefficients des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et de leurs dérivées, devenus fonctions de la coordonnée x, varient très rapidement avec elle entre les limites très rapprochées

$$x = 0, \quad x = \varepsilon.$$

Supposons d'ailleurs que, dans ces mêmes équations, transformées d'abord en équations différentielles par la méthode développée dans un précédent Mémoire, puis ramenées au premier ordre, et résolues par rapport à

$$\frac{d\xi}{dx},\ \frac{d\eta}{dy},\ldots$$

les produits des coefficients ou plutôt des variations par la distance ε restent très petits. Alors un ou plusieurs mouvements simples, propagés séparément ou simultanément dans le système donné, éprouveront dans le voisinage du plan fixe des y, z, des perturbations en vertu desquelles les valeurs des déplacements effectifs

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,$$

et par suite des déplacements symboliques

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},$$

se trouveront altérées pour de très petites valeurs positives de x; mais, à l'aide des principes établis dans le Mémoire dont il s'agit, on prouvera que les valeurs altérées et les valeurs non altérées sont liées entre elles par certaines équations de condition qui subsistent dans le voisinage du plan fixe, et spécialement pour une valeur nulle de la coordonnée x. Entrons à ce sujet dans quelques détails.

» Considérons, pour fixer les idées, le cas où, avant d'être altérées, les

équations des mouvements infiniment petits sont homogènes et indépendantes de la direction des axes coordonnés. Alors les équations symboliques de ces mouvements, c'est-à-dire les équations (3) du § II seront, pour des valeurs de x positives et sensiblement différentes de zéro, déterminées par des équations de la forme

$$(1)\quad \begin{cases} [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\bar{\xi} = \iota f D_x(D_x\bar{\xi} + D_y\bar{\eta} + D_z\bar{\zeta}), \\ [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\bar{\eta} = \iota f D_y(D_x\bar{\xi} + D_y\bar{\eta} + D_z\bar{\zeta}), \\ [D_t^2 - \iota(D_x^2 + D_y^2 + D_z^2)]\bar{\zeta} = \iota f D_z(D_x\bar{\xi} + D_y\bar{\eta} + D_z\bar{\zeta}), \end{cases}$$

Alors aussi les déplacements symboliques, correspondants à un mouvement simple, seront, pour des valeurs de x positives, et sensiblement différentes de zéro, déterminées par des équations de la forme

$$(2)\quad \bar{\xi} = Ae^{ux+vy+wz-st},\quad \bar{\eta} = Be^{ux+vy+wz-st},\quad \bar{\zeta} = Ce^{ux+vy+wz-st},$$

les constantes

$$u,\ v,\ w,\ s,\quad A,\ B,\ C,$$

étant assujéties à vérifier l'un des deux systèmes d'équations

$$(3)\qquad s^2 = \iota(u^2 + v^2 + w^2),\qquad uA + vB + wC = 0,$$

$$(4)\qquad s^2 = \iota(1 + f)(u^2 + v^2 + w^2),\qquad \frac{A}{u} = \frac{B}{v} = \frac{C}{w},$$

dans lesquels ι, f représentent deux quantités réelles. Le mouvement simple dont il s'agit sera du nombre de ceux qui ne s'éteignent point en se propageant, si les coefficients d'extinction relatifs à l'espace et au temps s'évanouissent, c'est-à-dire, en d'autres termes, si les coefficients

$$u,\ v,\ w,\ s,$$

des variables indépendantes dans l'exponentielle

$$e^{ux+vy+wz-st},$$

n'offrent pas de parties réelles, par conséquent, si l'on a

$$(5)\qquad u = \mathrm{u}\sqrt{-1},\ v = \mathrm{v}\sqrt{-1},\ w = \mathrm{w}\sqrt{-1},\ s = \mathrm{s}\sqrt{-1},$$

u, v, w, s étant des quantités réelles. Le même mouvement simple sera du nombre de ceux dans lesquels la densité de l'éther reste invariable, si les valeurs précédentes de

$$u,\ v,\ w,\ \mathrm{s}$$

vérifient la première des équations (3), réduite à

$$(6)\qquad \mathrm{s}^2 = \iota(\mathrm{u}^2 + \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2);$$

ce qui suppose la constante ι positive. C'est ce qui aura lieu, par exemple, si en posant pour abréger

(7) $$\mathrm{k} = \sqrt{\mathrm{u}^2 + \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2}, \qquad \Omega = \sqrt{\iota},$$

on prend

(8) $$\mathrm{s} = \Omega \mathrm{k},$$

Alors, le mouvement simple sera représenté par le système des équations

(9) $$\begin{cases} \bar{\xi} = \mathrm{A} e^{(\mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z - \mathrm{s}t)\sqrt{-1}}, \\ \bar{\eta} = \mathrm{B} e^{(\mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z - \mathrm{s}t)\sqrt{-1}}, \\ \bar{\zeta} = \mathrm{C} e^{(\mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z - \mathrm{s}t)\sqrt{-1}}, \end{cases}$$

jointes à la formule (8) et à la seconde des formules (3), ou, ce qui revient au même, à la suivante

(10) $$\mathrm{uA} + \mathrm{vB} + \mathrm{wC} = 0.$$

Si d'ailleurs on pose

(11) $$\mathrm{u}x + \mathrm{v}y + \mathrm{w}z = \mathrm{k}\mathrm{r},$$

et

(12) $$\mathrm{A} = \mathrm{a} e^{\lambda\sqrt{-1}}, \quad \mathrm{B} = \mathrm{b} e^{\mu\sqrt{-1}}, \quad \mathrm{C} = \mathrm{c} e^{\nu\sqrt{-1}},$$

a, b, c, désignant des quantités positives, et λ, μ, ν, des arcs réels, les formules (9) deviendront

(13) $$\bar{\xi} = \mathrm{a} e^{(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \lambda)\sqrt{-1}}, \quad \bar{\eta} = \mathrm{b} e^{(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \mu)\sqrt{-1}}, \quad \bar{\zeta} = \mathrm{c} e^{(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \nu)\sqrt{-1}},$$

et l'on en conclura

(14) $$\xi = \mathrm{a}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \lambda), \quad \eta = \mathrm{b}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \mu), \quad \zeta = \mathrm{c}\cos(\mathrm{k}\mathrm{r} - \mathrm{s}t + \nu),$$

» Soient maintenant

(15) $$\frac{d\xi}{dx} = \varphi, \quad \frac{d\eta}{dx} = \chi, \quad \frac{d\zeta}{dx} = \psi,$$

et

(16) $$\frac{d\bar{\xi}}{dx} = \bar{\varphi}, \quad \frac{d\bar{\eta}}{dx} = \bar{\chi}, \quad \frac{d\bar{\zeta}}{dx} = \bar{\psi};$$

et nommons

$$\xi_0, \ \eta_0, \ \zeta_0, \ \varphi_0, \ \chi_0, \ \psi_0,$$

ou

$$\bar{\xi}_0, \ \bar{\eta}_0, \ \bar{\zeta}_0, \ \bar{\varphi}_0, \ \bar{\chi}_0, \ \bar{\psi}_0;$$

ce que deviennent, pour zéro, les valeurs des variables principales

$$\xi,\ \eta,\ \zeta,\ \varphi,\ \chi,\ \psi,$$

ou

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ \bar{\varphi},\ \bar{\chi},\ \bar{\psi};$$

déterminées par le système des formules (14) et (15), ou (13) et (16), quand on commence par modifier ces valeurs, de manière qu'elles vérifient non plus les équations (1), mais ces équations altérées par la variation que subissent les coefficients des variables principales et de leurs dérivées dans le voisinage du plan des y, z. En vertu des principes établis dans le Mémoire ci-dessus mentionné, les différences

$$\bar{\xi}-\bar{\xi}_0,\quad \bar{\eta}-\bar{\eta}_0,\quad \bar{\zeta}-\bar{\zeta}_0,\quad \bar{\varphi}-\bar{\varphi}_0,\quad \bar{\chi}-\bar{\chi}_0,\quad \bar{\psi}-\bar{\psi}_0;$$

vérifieront certaines équations de condition, et, pour obtenir celles-ci, on devra d'abord chercher les divers systèmes d'intégrales simples que peuvent représenter les équations (2), jointes aux formules (3) ou (4), quand on y regarde les coefficients

$$v,\ w,\ s,$$

comme invariables, et devant acquérir, dans chaque système d'intégrales simples, les valeurs fournies par les trois dernières des équations (5). Or, dans cette hypothèse, on tirera des équations (3) ou (4), jointes à la formule (6), et à la première des formules (7),

$$u^2 = -\mathrm{u}^2,\quad u\mathrm{A} + (\mathrm{vB} + \mathrm{wC})\sqrt{-1} = 0, \tag{17}$$

ou

$$u^2 = \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2 - \frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}},\quad \frac{\mathrm{A}}{u} = \frac{\mathrm{B}}{\mathrm{v}\sqrt{-1}} = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{w}\sqrt{-1}}. \tag{18}$$

Il en résulte que, dans un mouvement simple correspondant aux valeurs imaginaires données de v, w, s, le coefficient u peut acquérir quatre valeurs distinctes, puisqu'on peut satisfaire à la première des équations (17), en prenant non-seulement

$$u = \mathrm{u}\sqrt{-1}, \tag{19}$$

mais encore

$$u = -\mathrm{u}\sqrt{-1}, \tag{20}$$

puis à la première des équations (18), en prenant

$$u=\left(\frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}}-\mathrm{v}^2-\mathrm{w}^2\right)^{\frac{1}{2}}\sqrt{-1},\ \text{ou}\ u=-\left(\frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}}-\mathrm{v}^2-\mathrm{w}^2\right)^{\frac{1}{2}}\sqrt{-1}, \tag{21}$$

si l'on a

$$(22)\qquad \frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}} > \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2,$$

et en prenant au contraire

$$(23)\quad u = \left(\mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2 - \frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad \text{ou} \quad u = -\left(\mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2 - \frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}}\right)^{\frac{1}{2}},$$

si l'on a

$$(24)\qquad \mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2 > \frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}}.$$

Observons à présent que, si la formule (22) se vérifie, aucune des quatre valeurs de u n'offrira de partie réelle, et qu'en conséquence aucune d'elles n'offrira de partie réelle négative, ou, en d'autres termes, inférieure à celle de

$$u = \upsilon\sqrt{-1}.$$

Donc alors, en vertu des principes établis dans le Mémoire ci-dessus rappelé, les valeurs de

$$\bar{\xi},\ \bar{\eta},\ \bar{\zeta},\ \bar{\varphi},\ \bar{\chi},\ \bar{\psi},$$

relatives au mouvement simple qui correspond à la valeur précédente de u, vérifieront pour $x = 0$, les équations de condition

$$(25)\qquad \bar{\xi} = \bar{\xi}_0,\ \bar{\eta} = \bar{\eta}_0,\ \bar{\zeta} = \bar{\zeta}_0,\ \bar{\varphi} = \bar{\varphi}_0,\ \bar{\chi} = \bar{\chi}_0,\ \bar{\zeta} = \bar{\zeta}_0.$$

Si au contraire la formule (24) se vérifie, alors des quatre valeurs de u, celle que détermine la seconde des équations (23), offrira seule une partie réelle négative. Donc alors les valeurs de $\bar{\xi}$, $\bar{\eta}, \ldots$ relatives au mouvement simple dont il s'agit vérifieront pour $x = 0$, les équations de condition que l'on obtiendra en supposant dans la formule

$$\frac{\bar{\xi} - \bar{\xi}_0}{A} = \frac{\bar{\eta} - \bar{\eta}_0}{B} = \frac{\bar{\zeta} - \bar{\zeta}_0}{C} = \frac{\bar{\varphi} - \bar{\varphi}_0}{uA} = \frac{\bar{\chi} - \bar{\chi}_0}{vB} = \frac{\bar{\psi} - \bar{\psi}_0}{wC},$$

les constantes

$$u,\ v,\ w,\ A,\ B,\ C,$$

choisies de manière que l'on ait

$$u = -\upsilon,\ u = \mathrm{v}\sqrt{-1},\ w = \mathrm{w}\sqrt{-1},\ \frac{A}{u} = \frac{B}{\mathrm{v}\sqrt{-1}} = \frac{C}{\mathrm{w}\sqrt{-1}}.$$

la valeur de υ étant

$$(26)\qquad \upsilon = \left(\mathrm{v}^2 + \mathrm{w}^2 - \frac{\mathrm{k}^2}{1+\mathrm{f}}\right)^{\frac{1}{2}},$$

on aura, dans ce cas, pour $x = 0$,

$$(27)\qquad \frac{\bar{\xi}-\bar{\xi}_0}{-\mathfrak{v}} = \frac{\bar{\eta}-\bar{\eta}_0}{\mathrm{v}\sqrt{-1}} = \frac{\bar{\zeta}-\zeta_0}{\mathrm{w}\sqrt{-1}} = \frac{\bar{\varphi}-\bar{\varphi}_0}{\mathfrak{v}^2} = -\frac{\bar{\chi}-\chi_0}{-\mathfrak{v}\mathrm{v}\sqrt{-1}} = -\frac{\bar{\psi}-\bar{\psi}_0}{-\mathfrak{v}\mathrm{w}\sqrt{-1}}.$$

PHILOSOPHIE CHIMIQUE. — *Considérations sur les forces chimiques; par* M. GAY-LUSSAC.

PREMIER MÉMOIRE. — *Sur la cohésion.*

« Je me propose de présenter successivement dans plusieurs Mémoires quelques réflexions sur les affinités : ce sujet me paraît d'un grand intérêt; mais il est bien difficile, et, en l'abordant, je voudrais pouvoir compter sur l'indulgence et le bienveillant concours des chimistes.

» Dans l'année 1718, époque encore obscure de la chimie, Geoffroy l'aîné avait cherché à classer les corps d'après les rapports chimiques observés entre eux. Il établit la proposition, que, *toutes les fois que deux substances qui ont quelque disposition à se joindre l'une avec l'autre, se trouvent unies ensemble, s'il en survient une troisième qui ait plus de rapport avec l'une des deux, elle s'y unit en faisant lâcher prise à l'autre.*

» A l'appui de cette proposition, Geoffroy avait dressé une table fort simple des rapports entre les diverses substances alors connues. Elle est imprimée dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* pour l'année 1718, page 202; mais il m'a semblé qu'il ne serait pas sans intérêt de la reproduire ici, comme monument historique, telle que l'a donnée Geoffroy, en remplaçant toutefois le symbole chimique de chaque substance par son nom particulier.

Table des différents rapports observés entre différentes substances.

ESPRITS ardents.	ACIDE du sel marin.	ACIDE nitreux.	ACIDE vitriolique.	TERRES absorbantes.	SEL alcali fixe.	SEL alcali volatil.	SUBSTANCES métalliq.	SOUFRE minéral.	MERCURE.	PLOMB.	CUIVRE.	ARGENT.	FER.	ANTIM.	EAU.
Sel alcali fixe.	Étain.	Fer.	Principe huileux ou soufre primitif.	Acide vitrioliq.	Acide vitrioliq.	Acide vitrioliq.	Acide du sel marin	Sel alcali fixe.	Or.	Argent.	Mercure.	Plomb.	Antim.	Fer.	Esprit de vin et esprits ardents.
Sel alcali volatil.	Antim.	Cuivre.	Sel alcali fixe.	Acide nitreux.	Acide nitreux.	Acide nitreux.	Acide vitrioliq.	Fer.	Argent.	Cuivre.	Pierre calamin.	Cuivre.	Argent, Cuivre, Plomb.	Argent, Cuivre, Plomb.	Sels.
Terres absorbantes.	Cuivre.	Plomb.	Sel alcali volatil.	Acide du sel marin	Acide du sel marin	Acide du sel marin	Acide nitreux.	Cuivre.	Plomb.						
Substances métalliques.	Argent.	Mercure.	Terres absorbantes.		Esprit de vinaigre.		Esprit de vinaigre.	Plomb.	Cuivre.						
	Mercure.	Argent.	Fer.		Soufre minéral.			Argent.	Zinc.						
			Cuivre.					Antim.	Antim.						
			Argent.					Mercure.							
	Or.							Or.							

» La substance, en tête, dans chaque colonne, est comparée aux substances placées au-dessous dans un ordre décroissant d'affinité. Ainsi, dans la première colonne les esprits ardents (ou acides) ont plus de rapport avec le sel alcali fixe qu'avec le sel alcali volatil, les terres absorbantes et les substances métalliques. Dans la quatrième colonne, c'est le principe huileux ou soufre primitif, qui a plus de rapport avec l'acide sulfurique. Viennent ensuite le sel alcali fixe, le sel alcali volatil fixe, le sel alcali, les terres absorbantes, le fer, le cuivre, l'argent.

» En examinant les divers rapports exprimés dans chaque colonne de la table, on reconnaît que Geoffroy a confondu des effets de l'affinité qui auraient dû être distingués les uns des autres, et qu'il a comparé des choses qui ne sont point comparables. Ainsi la décomposition de l'acide sulfurique par le prétendu soufre primitif, par le fer, le cuivre et l'argent, ne peut être assimilée à l'affinité de cet acide pour les bases. Mais cela ne doit pas surprendre; plus d'un demi-siècle après, au temps de Bergman, la même confusion régnait encore. Geoffroy n'avait accompagné sa table d'aucune explication; il s'était borné à en faire l'application à la préparation du sublimé corrosif par plusieurs procédés, et il l'avait fait d'une manière assez heureuse. La table de Geoffroy, malgré ses imperfections, est une belle conception; c'est aussi le premier progrès qui ait été fait dans la chimie philosophique.

» Il paraît que pendant long-temps on a attaché peu d'importance à la table des rapports de Geoffroy. Soumis à plusieurs causes perturbatrices qui souvent les faisaient varier, on était disposé à les considérer comme vagues, indéterminés, dépendant uniquement des circonstances.

» Mais Bergman, avec la pensée que toutes les opérations de la chimie, synthèses ou analyses, sont fondées sur des attractions qu'on ne saurait méconnaître, parce qu'elles sont soumises à certaines conditions qui les provoquent, les arrêtent ou les troublent, a enfin attiré l'attention et l'intérêt des chimistes sur les causes des phénomènes chimiques, et sa dissertation *De affinitatibus electivis*, publiée en 1775, fixe aussi une époque remarquable dans l'histoire de la science.

» Bergman distingue dans un corps l'attraction des molécules similaires, qu'il désigne par le nom d'*attraction d'agrégation*, et l'attraction des molécules hétérogènes qu'il appelle *attraction de composition*. Quand celle-ci s'exerce de manière qu'une substance en déplace une autre dans un composé, elle prend alors le nom d'*attraction élective simple;* et si elle s'exerce

entre deux composés dont les éléments puissent s'échanger réciproquement, elle prend celui d'*attraction élective double*.

» Malgré l'opinion qu'avaient quelques chimistes de l'inconstance des affinités, Bergman paraît les considérer comme des forces déterminées, absolues, mais dont les effets peuvent être modifiés par certaines causes dont il apprécie l'influence d'une manière souvent ingénieuse, quelquefois aussi très incomplète.

» La première de ces causes il la trouve dans la différence de volatilité des substances en présence dans la même sphère d'action. Bergman conçoit que la différence d'affinité de deux substances pour une troisième, à une température donnée, peut être plus que compensée, à une température supérieure, par une différence de volatilité en faveur de la substance qui avait moins d'affinité que l'autre, mais plus de fixité.

» Avant Bergman, on confondait les résultats de l'affinité entre trois substances avec ceux dans lesquels il y en a quatre, c'est-à-dire les produits des affinités électives simples avec ceux des affinités doubles; et comme ils sont réellement très différents, on tirait de cette circonstance mal comprise une objection contre la théorie des affinités. Ainsi, d'après la table de Geoffroy, les alcalis fixes ont plus d'affinité que la chaux pour les acides, puisqu'en effet ils la séparent du gypse. Cependant, disait-on, si l'on dissout la craie dans l'eau forte et qu'on ajoute une dissolution de tartre vitriolé, le gypse se régénère aussitôt; preuve que la matière calcaire manifeste ici une plus grande puissance. Bergman remarque avec raison que les deux circonstances sont très différentes; puisque, dans l'une, trois substances seulement sont en présence, tandis que dans l'autre il y en a quatre. Il explique la reproduction du gypse dans le mélange du nitrate de chaux avec le sulfate de potasse, d'après les affinités électives doubles, en concevant que la somme des deux affinités divellentes l'emporte sur celle des affinités quiescentes. Assurément l'explication est ingénieuse; mais aujourd'hui ce n'est pas assez.

» Les effets de l'affinité peuvent être déguisés encore, suivant Bergman, par des altérations survenues dans les substances en présence, et mettre en défaut la théorie des affinités. Par exemple, l'acide nitrique sépare l'acide marin de sa base alcaline, fait que l'on connaissait depuis long-temps; mais Margraf a découvert qu'à son tour l'acide marin peut déplacer l'acide nitrique dans le salpêtre. Tant qu'on n'a pas connu la véritable nature de l'acide marin, dit Bergman, ce déplacement réciproque d'un acide par un autre échappait à toute explication; mais aujourd'hui que l'on sait que

l'acide marin contient du phlogistique, toute difficulté disparaît. L'acide nitrique déplace l'acide muriatique par simple affinité; celui-ci cède son phlogistique à l'acide nitrique, qu'il soit libre ou combiné avec une base, et dès lors leur déplacement réciproque devient une conséquence de cette altération. C'est ainsi encore que l'arsenic blanc (acide arsénieux) décompose par la distillation les sels formés par l'acide nitrique, mais non ceux formés par l'acide marin, parce qu'il contient aussi une certaine quantité de phlogistique.

» Bergman explique également bien les anomalies de décomposition dues à la solubilité. Il arrive, dit cet illustre chimiste, que d'abord aucun vestige de décomposition ne se manifeste, quoiqu'elle ait lieu réellement; ainsi l'alcali minéral est déplacé de ses combinaisons avec les acides par l'alcali végétal, quoiqu'on n'aperçoive aucune conglomération, aucun précipité; ce qui a fait conclure à des chimistes d'un grand nom que l'alcali végétal ne l'emportait pas en puissance sur l'alcali minéral. Mais supposons qu'un peu de ce dernier ait été éliminé, doit-il se séparer? Non sans doute, il reste en dissolution; car si l'on évapore, on obtiendra de l'alcali minéral *cristallisé* avec lequel on pourra produire du sel de Glauber ou du nitre quadrangulaire.

» Je n'étendrai pas plus loin ces citations. Elles suffisent pour montrer que Bergman avait approfondi la théorie des affinités, et qu'il l'avait enrichie de nombreuses et utiles observations. Ce qu'il dit des affinités électives simples est exact en général. Les imperfections qu'on y remarque tiennent à l'état même de la science, encore incertaine et souvent obscure dans sa marche; et peut-être la Statique chimique a-t-elle fait oublier trop promptement les services réels que Bergman avait rendus à la chimie philosophique.

» En ce qui concerne les affinités électives doubles, avec l'équilibre des forces divellentes et des forces quiescentes, Bergman a montré sans doute beaucoup de sagacité; ses explications sont séduisantes; mais il n'a pas connu la véritable explication des précipités obtenus par le concours des doubles affinités.

» Bergman, à l'imitation de Geoffroy, ne s'est point expliqué sur la mesure des affinités, et il a eu raison; cette question encore aujourd'hui est délicate et peu abordable; il s'est borné à grouper les corps par ordre de leur plus ou moins grande affinité.

» Telles étaient à peu près les idées de Bergman sur les affinités; elles ont prévalu jusqu'au moment où Berthollet a fait paraître ses recherches

sur l'affinité et sa *Statique chimique*, mais alors elles ont été éclipsées par le grand éclat qu'ont jeté ces deux productions.

» Berthollet, dans l'étude des affinités, a été préoccupé de deux idées principales : l'influence de la force de cohésion dans les phénomènes chimiques, et la mesure des affinités qu'il a cru trouver dans la masse des corps qui entrent en combinaison.

» Suivant cet illustre chimiste, la cohésion ou l'attraction réciproque des molécules similaires est une force puissante qui peut balancer l'affinité des molécules hétérogènes, déterminer des combinaisons et des décompositions. Elle existe non-seulement au moment où elle se manifeste par ses effets, mais même long-temps avant qu'elle devienne effective. Il le démontre d'après cette analogie que, près du moment où un liquide devient gazeux et un gaz liquide, la dilatation du premier influencée déjà par l'état gazeux qu'il va prendre, et la contraction du second, influencée par l'état liquide ou solide qui va survenir, suivent une progression plus rapide qu'à une distance plus grande de ce terme. Mais ce raisonnement de Berthollet pour établir l'influence de la cohésion, long-temps avant que ses effets ne se manifestent, reste sans fondement dès que l'on considère qu'il n'y a pas un terme unique, constant, pour le changement d'un liquide en fluide élastique, et réciproquement; qu'au contraire, ce changement est incessant à toutes les températures et sous toutes les pressions.

» Quelle que soit au reste l'opinion que l'on se forme de la démonstration de Berthollet, il me suffit de constater qu'il adopte l'influence préexistante de la cohésion, et qu'il la fait intervenir dans toutes les précipitations et les dissolutions chimiques. L'affinité, dit-il, qui peut produire l'état solide, doit être considérée comme une force qui agit non-seulement lorsque la solidité se manifeste, mais même avant ce terme; de sorte que toutes les fois qu'il se produit quelque substance solide, soit par une séparation, soit par une combinaison, il faut chercher dans l'action réciproque des parties qui acquièrent la solidité, la cause même qui la produit, quoiqu'elle ne se manifestât pas auparavant.

» La théorie des décompositions par double affinité a reçu de Berthollet des perfectionnements inattendus. On lui doit le principe que l'échange d'acides et de bases entre deux sels a lieu toutes les fois que les sels provenant de l'échange, ou seulement l'un d'eux, ont moins de solubilité que les sels donnés. Ce principe est d'une heureuse fécondité, et l'on peut dire qu'il constitue une des plus belles acquisitions de la chimie. Mais Berthollet, en prenant la cohésion pour cause première de la double décom-

position, ne me paraît pas en avoir donné la véritable démonstration. Il suppose que c'est la cohésion des sels non encore existants qui détermine cependant leur formation, et cette supposition est inadmissible. Car si l'on peut concevoir avec lui que la cohésion commence à agir dans la dissolution d'un sel avant le moment de la cristallisation, il n'en est plus de même lorsque les sels n'existent pas encore, comme dans le cas du mélange de deux dissolutions salines.

» Bergman avait supposé que l'affinité était une force absolue, n'admettant pas de partage dans ses effets, et n'avait établi entre les corps qu'un ordre relatif d'affinité. Berthollet, au contraire, a cru que l'affinité ne s'exerçait point d'une manière absolue, sans partage; qu'ainsi une base, en présence de deux acides, ne se combinait pas exclusivement avec le plus puissant des deux, comme le voulait Bergman; mais qu'elle se partageait entre eux en raison de leur affinité et leur quantité. De là le principe de Berthollet que l'*affinité des différents acides pour une même base alcaline est en raison inverse de la quantité pondérale de chacun d'eux qui est nécessaire pour la neutralisation d'une quantité égale de la même base alcaline*. Aujourd'hui, et je pourrais dire dès long-temps, cette mesure de l'affinité est abandonnée. A l'époque où Berthollet a écrit sa *Statique chimique*, la théorie atomistique était encore peu comprise; et, quelques années plus tard, Berthollet n'aurait certainement pas proposé pour mesurer l'affinité un mode qui ne donne autre chose que les poids atomiques ou équivalents qu'on sait être indépendants des attractions chimiques, ou au moins n'avoir avec elles que des rapports éloignés. J'espère que plus tard je pourrai revenir sur cet objet, ainsi que sur le partage d'une substance entre deux autres antagonistes. Quant à présent, je bornerai mes observations à la force de cohésion, parce qu'on lui fait jouer un grand rôle dans la plupart des phénomènes chimiques, et qu'il importe avant tout d'en mieux apprécier l'influence réelle.

» On a distingué avec raison, d'après Bergman, l'attraction des molécules hétérogènes de l'attraction des molécules homogènes ou similaires, que l'on a désignée aussi par le nom d'*agrégation*, et, depuis Berthollet, par celui de *cohésion*. Ces deux forces ont sans nul doute la même origine; mais ne paraissant avoir dans les différents corps aucun lien commun, leurs effets ne sauraient être confondus.

» La cohésion elle-même prend différents noms d'après les points de vue sous lesquels on la considère. On l'appelle *ténacité*, quand on lui oppose des poids ou la traction pour déterminer la rupture d'un corps. On lui

donne le nom de *dureté*, lorsqu'on la prend pour la résistance qu'oppose un corps à un autre corps avec lequel on veut l'entamer. La *ténacité* et la *dureté* sont évidemment la *cohésion* elle-même; ou au moins elles en dépendent l'une et l'autre essentiellement. Les corps qui ont le plus de ténacité sont aussi ceux en général qui ont le plus de dureté, ou, suivant nos conceptions, le plus de cohésion. Toutefois, cela ne doit s'entendre que des corps à cassure amorphe : car pour les corps cristallisés, à clivage facile surtout, il peut exister, et on le conçoit très bien, des différences notables entre la *dureté* et la *ténacité*, suivant le sens de rupture et de séparation des particules.

» En comparant entre eux les trois états que peut prendre le même corps, on a été conduit à faire dépendre chacun de ces états du rapport de la cohésion propre des molécules de ce corps à leur répulsion. C'est bien certainement dans les solides que la cohésion est la plus grande. Dans les liquides, elle est beaucoup plus petite; mais elle n'est jamais nulle, puisqu'il n'y a pas de liquide qui ne prenne la forme globulaire, et qu'une goutte suspendue à un solide peut être divisée en deux parties, dont l'inférieure adhère à la supérieure, malgré la pesanteur qui la sollicite à se précipiter.

» Le mot *cohésion*, sous le point de vue chimique, est pris dans une autre acception. Ici, l'action est complexe; le corps à dissoudre et le dissolvant sont en présence, et chacun d'eux agit sur l'autre. La résistance que le premier oppose au second s'exprime par le nom d'*insolubilité*, qu'on ne doit jamais prendre que dans un sens relatif. Cette résistance, disons maintenant l'insolubilité, dépend essentiellement, d'après la croyance établie, et de la cohésion ou attraction réciproque des molécules similaires du corps à dissoudre, et de son affinité pour le dissolvant qu'on lui présente; tellement qu'on suppose que si le corps, au lieu d'être solide, était liquide, le dissolvant en prendrait une quantité beaucoup plus considérable.

» Voilà, si je ne me trompe, l'opinion que l'on se forme communément de la cohésion chimique et de la dissolution. Ne pouvant la partager en tout point, et me proposant de la discuter, j'ai cru devoir donner ici ces détails que leur brièveté fera excuser sans doute. Chaque jour, les progrès de la science amènent dans nos idées des modifications nouvelles, et il est bien nécessaire de fixer le point de départ d'une discussion, si l'on veut qu'elle soit nette et fructueuse.

» Mais avant de traiter de la cohésion sous le rapport de son influence

dans les phénomènes chimiques, je me permettrai de porter l'attention sur une opération physique qui paraît aussi liée à la cohésion, et qui me semble très propre à jeter du jour sur le mode d'influence de cette force : je veux parler de la volatilisation.

» Je suppose un corps volatil, pouvant se présenter solide et liquide dans des limites de température abordables à l'observation : de l'eau, par exemple. Si l'on détermine la force élastique de sa vapeur, en partant de la température de 20° au-dessous de zéro, à laquelle elle est solide et possède une grande cohésion, on trouve que la progression de cette force élastique n'est nullement affectée du passage de l'état solide à l'état liquide, ou réciproquement, de celui de l'état liquide à l'état solide; c'est-à-dire que la force élastique de la glace à zéro est rigoureusement égale à celle de l'eau à la même température. Observation semblable pour tout autre degré du thermomètre auquel on peut obtenir à la fois l'eau à l'état solide et à l'état liquide; la force élastique de la vapeur restera la même de part et d'autre. Et cependant, sans avoir besoin de préciser exactement le degré de cohésion de la glace, comparativement à celui de l'eau, on peut admettre qu'il est incomparablement plus grand, plus de mille fois peut-être.

» Cette observation, qui m'avait frappé depuis long-temps, je l'avais vérifiée sur l'acide hydro-cyanique qu'on sait se solidifier vers 15° au-dessous de zéro, et conserver encore une très grande volatilité. La progression de la force élastique de sa vapeur n'a été nullement affectée au moment du changement d'état, et l'on peut considérer ce résultat comme général.

» Il n'y aurait donc aucun rapport entre la cohésion ou l'attraction des molécules d'un corps et leur force répulsive; l'une serait conséquemment tout-à-fait indépendante de l'autre, et la force élastique de la vapeur ne serait déterminée que par le nombre de molécules pouvant se maintenir à l'état gazeux dans un espace limité, à une température donnée.

» Cependant quand on considère que de l'eau salée produit une vapeur dont la tension est moindre que celle de l'eau pure, aux mêmes températures (1), résultat qu'on ne sait expliquer que par l'affinité des molécules

---

(1) On a prétendu que la température de la vapeur qui sort d'une dissolution saline aqueuse, bouillant plus tard que l'eau (à 110° par exemple), était toujours à 100°. C'est une erreur très grave; la vapeur a constamment la température de la dernière couche liquide qu'elle traverse; mais ce qui a pu tromper, c'est que les vapeurs, comme

aqueuses pour les molécules salines, on peut se demander, en assimilant toutefois cette affinité à celle de l'eau pour ses propres molécules, si l'espace au-dessus d'une surface d'eau se sature réellement de vapeur, c'est-à-dire si, l'équilibre établi, le moindre refroidissement de la vapeur soustraite à l'action de l'eau, la moindre réduction de l'espace, n'occasionerait pas la précipitation d'une certaine quantité de vapeur; ou bien, si, de même que pour l'espace, au-dessus de l'eau salée, la saturation n'est pas complète, en sorte que la vapeur soustraite à l'action du liquide, pourrait se laisser refroidir ou réduire de volume entre certaines limites, sans la moindre précipitation de ses molécules. Je suis disposé à croire que l'espace au-dessus de l'eau pure arrive à une saturation complète de vapeur, d'après la considération que la différence de l'attraction des molécules de glace entre elles à celle des molécules d'eau n'en amène aucune dans la force élastique de la vapeur de chacun de ces corps, prise à la même température. Cependant l'expérience ne m'en paraît pas moins intéressante à tenter; et, quoique très délicate, j'en prépare l'exécution.

» L'observation que la force élastique d'un corps reste constante au moment de la permutation entre la liquidité et la solidité, choque sans doute les idées reçues touchant la constitution moléculaire de chacun de ces états; mais elle ne les choquerait pas moins encore si l'on en tirait la conséquence que l'attraction moléculaire est la même pour le liquide que pour le solide dans l'instant du changement d'état; car celui-ci est accompagné de variations, tant dans le volume du corps que dans sa quantité de calorique, qui semblent annoncer une altération profonde dans sa constitution moléculaire. Et soit que les molécules, en prenant l'état solide, ne fassent que se rapprocher; soit qu'elles se juxtaposent autrement; soit enfin qu'elles se réunissent en petits groupes géométriques qui, par leur arrangement, modifieront le volume du corps; résultats qui, tous, dépendraient nécessairement d'un autre mode d'action dans les forces moléculaires; au moins est-il certain, d'après nos analogies scientifiques, qu'elles sont alors dans des conditions toutes différentes de celles où elles étaient avant le changement, et qu'il reste toujours fort remarquable que leur force élastique soit indifférente à toutes ces perturbations.

» Ces préliminaires établis, et je leur accorde une grande importance

---

au reste tout autre fluide élastique, se refroidissent très rapidement jusqu'au moment de leur condensation, époque à laquelle le refroidissement est plus fortement compensé par la mise en liberté de leur calorique latent.

par leur connexité avec la question principale que je me suis proposée, je vais m'occuper des effets de la cohésion, et les suivre plus particulièrement dans les dissolutions.

» Cherchons des corps réunissant la double condition d'être solubles dans un dissolvant, et de pouvoir se présenter solides et liquides dans des limites abordables de température pour la détermination de leur solubilité.

» Parmi les sels, je n'en connais pas qui réunissent ces deux conditions.

» Parmi les acides, j'avais cru que l'acide camphorique, dont on trouve une table de solubilité dans Berzélius, d'après Brandes, me fournirait un exemple de solubilité dans les circonstances désirées; et en effet, cet acide, dont la fusibilité est donnée à 63°, paraît présenter une solubilité au-dessous et au-dessus de ce terme, qui serait soumise à une loi de continuité régulière. Mais ayant voulu répéter ces expériences de Brandes avec l'acide camphorique, tel qu'on l'obtient depuis M. Liebig, j'ai reconnu que cet acide ne fond pas même à 300°, et j'ai dû en conséquence l'abandonner.

» Parmi les corps inflammables, la cétine, la paraffine, les acides gras solides, ne présentent aucune anomalie dans leur solubilité dans l'alcool, en passant de l'état solide à l'état liquide; la progression, à mesure que la température s'élève, est parfaitement continue et régulière. Je donnerai plus tard ces diverses solubilités, quand elles seront plus complètes, tout en regrettant de n'avoir pas parmi les sels des exemples plus concluants.

» Or, la cohésion de ces différents corps pendant qu'ils sont solides étant plus grande que lorsqu'ils sont liquides, et leur solubilité n'étant pas troublée à l'instant du passage d'un état à l'autre, ni avant, ni après, aux environs, il faut de toute nécessité qu'elle soit indépendante de la cohésion.

» Si, d'ailleurs, je prends la solubilité d'une huile dans l'alcool, je trouve qu'elle se comporte en général absolument comme celle d'un corps solide, bien que liquide, c'est-à-dire sans grande cohésion; la solubilité, très faible à une basse température, va croissant progressivement avec elle. Ainsi, un corps, soit qu'il reste constamment liquide, soit que, d'abord solide, il devienne ensuite liquide, présente dans chacune de ces circonstances le même genre de solubi lité.

» Les substances gazeuses elles-mêmes, telles que le chlore, ne m'ont

pas paru présenter d'altération dans la progression de leur solubilité au moment de leur changement d'état.

» Enfin, si la cohésion d'un sel avait une grande influence sur sa dissolution, le dissolvant ne s'en saturerait jamais complétement par simple contact avec lui, et la dissolution, séparée du sel, pourrait être refroidie d'un certain nombre de degrés, sans abandonner du sel. Or, il n'en est point ainsi; à part la circonstance accidentelle par cause d'inertie des molécules, la dissolution abandonne du sel aussitôt qu'elle éprouve le moindre refroidissement.

» Je suis donc disposé à penser que la cohésion n'a rien à faire en général dans la dissolution. De même que l'élasticité des vapeurs, la dissolution d'un corps varie avec la température : elle est sans doute aussi liée à l'affinité réciproque du dissolvant et du corps dissous; mais les effets de l'affinité n'étant pas variables avec la température, tandis que ceux de la dissolution en dépendent essentiellement, il serait difficile de ne pas admettre que dans la dissolution, comme dans la vaporisation, le produit est essentiellement limité, à chaque degré de température, par le nombre de molécules pouvant exister dans une portion donnée du dissolvant; elles s'en séparent par la même raison que les molécules élastiques se précipitent par un abaissement de température; et, probablement encore, comme ces dernières, par la compression et la réduction de volume du dissolvant.

» Ainsi, quand la température baisse dans un dissolvant saturé d'un corps, les molécules en excès par rapport à la nouvelle température se précipiteraient, non en vertu de la cohésion, qu'on suppose devoir les solliciter à se séparer et à s'agréger, mais parce qu'elles ne peuvent plus être maintenues dans le dissolvant, comme cela a lieu pour une vapeur dans un espace saturé qu'on vient à refroidir. Peu importerait donc que les molécules qui sont repoussées du sein d'un dissolvant prennent, une fois séparées, la forme solide ou liquide, ou même la forme élastique.

» La dissolution serait donc essentiellement liée à la vaporisation, en ce sens, que l'une et l'autre sont dépendantes de la température et obéissent à ses variations. Dès lors, elles doivent offrir toutes deux, sinon une identité d'effets complète, du moins beaucoup d'analogie; leur différence essentielle consiste en ce que les molécules gazeuses n'ont pas besoin d'un dissolvant pour se soutenir dans un espace donné; leur force répulsive suffit à cette fin. Au contraire, dans la dissolution d'un corps solide ou liquide, les molécules ne pourraient se soutenir dans l'espace si

elles n'étaient réunies par affinité aux molécules du dissolvant. Cette condition remplie, la dissolution suit sa marche particulière, en obéissant à la température, comme chaque vapeur en a aussi une qui lui est propre.

» Les analogies qu'ont la dissolution et la vaporisation, tiennent donc à leur soumission complète aux variations de températures; et comme il me paraît incontestable que la force élastique de la vapeur d'un corps est tout-à-fait indépendante de l'état de ce corps ou de la cohésion de ses molécules, puisqu'elle reste constante quand celle-ci varie, je serais encore disposé à admettre, d'après ces analogies, que la dissolution est également indépendante de la cohésion.

» Cependant, s'il existe des analogies entre la vaporisation et la dissolution, on peut se demander pourquoi, tandis que la force élastique des vapeurs suit une loi ascendante régulière, la solubilité de quelques sels, tels que le sulfate, le séléniate de soude, présente tout-à-coup un point de rebroussement et une marche décroissante.

» Je remarquerai d'abord que la difficulté reste la même, qu'il y ait des analogies entre la dissolution et la vaporisation ou qu'il n'y en ait pas, et qu'ainsi elle ne peut constituer une sérieuse objection; en second lieu, le point de rebroussement dans la dissolution de quelques corps peut s'expliquer facilement par la considération qu'à ce point ce n'est plus le même corps qui va continuer à se dissoudre. Ainsi, pour le chlore, de 0° à 8° environ, espace de température pendant lequel le chlore est à l'état d'hydrate, la solubilité est ascendante, mais à ce dernier terme l'hydrate se défait, et tout aussitôt la solubilité suit une progression décroissante jusqu'à 100°, où elle est presque nulle. C'est bien évidemment de l'hydrate de chlore qui se dissout de 0° à 8°, puis du chlore seulement au-dessus. Enfin, pour le sulfate de soude, la décroissance de la solubilité, à mesure que la température s'élève au-dessus de 33°, peut être attribuée à une diminution d'affinité. Je reviendrai sur la solubilité de ce sel.

» Comme il y a de l'intérêt à savoir si un sel susceptible de former un hydrate se dissout dans l'eau, hydraté ou anhydre, je citerai un fait qui me paraît propre à détruire l'incertitude : c'est que toutes les fois qu'un sel anhydre, ou tout autre corps n'ayant pas la propriété de former un hydrate, se dissout dans l'eau, il y a constamment production de froid, et que, au contraire, quand le sel peut former un hydrate, il y a production de chaleur. Quand l'hydrate est complet, avant la dissolution dans l'eau, le cas est le même que lorsque le sel ne peut s'hydrater. On conçoit qu'il

pourrait arriver quelquefois que la chaleur produite par l'hydratation fût moindre que le froid produit par le changement d'état; mais je n'ai encore reconnu aucune exception. Le fait que je viens de signaler établirait de plus une nouvelle analogie entre la dissolution et la vaporisation, relativement à la chaleur rendue latente dans le changement d'état.

» En comparant la dissolution à la combinaison, on peut assigner entre elles une différence remarquable, savoir : que la dissolution varie à chaque instant avec la température, tandis que la combinaison n'obéit pas semblablement à ces variations.

» Si mes observations sont exactes, elles affaibliraient beaucoup l'influence que Berthollet a attribuée à la cohésion dans tous les phénomènes chimiques; mais je sens trop moi-même tout le poids de cette illustre autorité, pour n'être pas en défiance de mes propres arguments et ne me sentir pas ébranlé dans mes nouvelles convictions. C'est avec ce sentiment sincère de doute que j'indiquerai quelques applications du point de vue sous lequel je considère la cohésion.

» Berthollet a souvent répété que, lorsqu'un corps en précipite un autre, ce n'est pas toujours un indice d'une supériorité d'affinité; que c'est la cohésion que doit prendre le précipité qui détermine la décomposition.

» D'après les principes, au contraire, que j'ai établis, la cohésion ne joue qu'un rôle secondaire dans la précipitation, de même que dans la dissolution : la précipitation est constamment la preuve d'une plus grande affinité; la cohésion ne fait que l'accuser, en rendant sensibles ses effets.

» A l'égard des décompositions par double affinité, nos explications sont également divergentes. Si l'on mêle une dissolution de sulfate de soude avec une dissolution de nitrate de chaux, il se fait un précipité de sulfate de chaux, et il reste en dissolution du nitrate de soude.

» Bergman explique ce résultat en disant que la somme des affinités divellentes qui sont en jeu l'emporte sur celle des affinités quiescentes.

» Suivant Berthollet, il y a double décomposition parce que le sulfate de chaux est le plus cohérent des quatre sels que l'on peut concevoir après le mélange dans la dissolution, préalablement à toute précipitation. Berthollet conçoit que, bien que le sulfate de chaux n'existe pas encore, la cohésion qu'il doit prendre en détermine la formation ainsi que la séparation.

» Cette explication n'a, je crois, jamais paru satisfaisante. Tant que le sulfate de chaux est censé ne pas exister encore dans la dissolution, la cohésion qu'il devra prendre ne peut être invoquée pour expliquer sa for-

mation et sa précipitation ; on ne peut non plus, et par les mêmes raisons, invoquer l'insolubilité; elle ne détermine pas l'échange comme cause première, elle ne fait que le rendre sensible, effectif, quand il a été opéré, en déterminant la séparation de ses produits. Quelle est donc la cause qui préside réellement aux échanges dans les décompositions par double affinité?

» Si l'on porte son attention sur les précipités résultant du jeu des doubles affinités, on reconnaît que ce ne sont pas les précipités les plus stables, ceux renfermant les acides et les bases les plus puissants, qui se forment nécessairement. Ainsi, le sulfate de potasse, quoique formé d'éléments doués d'une puissante affinité, se laisse transformer dans son mélange avec l'acétate de chaux, en sulfate de chaux dont la base a beaucoup moins d'affinité que la potasse pour l'acide sulfurique. Dans le mélange du sulfate de chaux avec le carbonate d'ammoniaque, la chaux se précipite avec l'acide carbonique en combinaison beaucoup moins stable que celle qu'elle formait d'abord. Il serait facile de citer une foule d'exemples semblables.

» Il ne serait donc pas vrai de dire que, après le mélange de deux dissolutions salines, l'acide le plus fort se réunit toujours à la base la plus forte; il paraîtrait, au contraire, que les sels, à l'état de neutralisation, peuvent faire échange d'acides et de bases, indépendamment de leurs affinités réciproques.

» A n'en juger que par les résultats de l'expérience, l'échange ne se manifeste que par la précipitation d'un nouveau sel insoluble dont la formation, suivant Berthollet, serait la cause même de l'échange. Mais comme les raisons qu'il en a données ne sont pas satisfaisantes, on peut se demander si la cohésion d'un sel non encore existant, ou son insolubilité, qui n'entraîne pas même l'idée de cohésion, peuvent exercer leur action avant la formation de ce sel et en être la cause réelle; ou bien plutôt, si, ne pouvant déterminer cette formation, elles n'exercent leur influence qu'après, en opérant la séparation de l'un des nouveaux sels produits au moment du mélange.

» Pour moi, d'après les observations que j'ai présentées sur le peu d'influence de la cohésion dans les dissolutions et les précipitations chimiques, la question ne me paraît pas douteuse.

» Je rappellerai d'abord que la solubilité d'un corps solide dans un dissolvant n'est nullement affectée par la différence d'attraction moléculaire entre l'état solide et l'état liquide; que, conséquemment, l'échange ne saurait être affecté non plus.

» Mais à ces considérations, on peut en ajouter d'autres qui me paraissent d'un grand poids.

» L'échange entre les acides et les bases des deux sels peut avoir lieu, suivant Berthollet, de plusieurs manières. En outre de l'insolubilité qui le détermine le plus ordinairement, une différence de fusibilité, de densité, de volatilité, peut tout aussi bien le produire. Or, dans le cas, par exemple, d'une différence de volatilité, on ne peut plus invoquer l'affinité réciproque des molécules comme pour un solide ou même pour un liquide, puisqu'au contraire les molécules du sel qui se sépare sont dans un état de répulsion, et qu'on pourrait aussi démontrer, comme on le fait pour le cas de l'insolubilité, que dans celui de la volatilité, c'est toujours le sel le plus volatil qui se forme.

» Ainsi, l'échange ayant lieu, suivant l'opinion reçue, dans des circonstances très différentes de solubilité, de densité, de fusibilité, de volatilité, l'une d'elles ne peut être la véritable cause de l'échange à l'exclusion des autres, et conséquemment cette cause doit être cherchée ailleurs, hors de ces diverses circonstances.

» Puisque l'échange n'est point déterminé par l'affinité réciproque des acides et des bases, puisque aussi il ne l'est pas non plus par les causes secondaires que nous venons d'énumérer, et que cependant ces dernières opèrent des séparations, il faut de toute nécessité que l'échange les précède, et l'on ne peut satisfaire à ces diverses causes de séparation qu'en admettant qu'au moment du mélange, avant toute séparation, il y a un véritable pêle-mêle entre les acides et les bases, c'est-à-dire que les acides se combinent indifféremment avec les bases et réciproquement; peu importe l'ordre de combinaison, pourvu que l'acidité et l'alcalinité soient satisfaites, et bien évidemment elles le sont, quelque permutation qui s'établisse entre les acides et les bases.

» Ce principe d'indifférence de permutation (*équipollence*) établi, les décompositions produites par double affinité s'expliquent avec une très heureuse simplicité. Au moment du mélange de deux sels neutres, il s'en forme deux nouveaux dans des rapports quelconques avec les deux premiers; et maintenant, suivant que l'une de ces propriétés, l'insolubilité, la densité, la fusibilité, la volatilité, etc., sera plus prononcée pour les nouveaux sels que pour les sels donnés, il y aura trouble d'équilibre et séparation d'un sel, quelquefois même de plusieurs.

» Toutefois, il est essentiel d'avertir que, quoique nous admettions un pêle-mêle au moment du mélange de deux ou un plus grand nombre de disso-

lutions salines, il peut ne pas avoir toujours rigoureusement lieu. On sait, en effet, que les molécules d'un composé opposent une espèce d'inertie au changement, et qu'il faut souvent ou du temps, ou un ébranlement, pour opérer ce changement. Beaucoup de dissolutions salines, et particulièrement celle du sulfate de soude, se maintiennent sursaturées à des températures très inférieures à celle à laquelle elles devraient commencer à abandonner du sel. Une dissolution de sulfate de magnésie, mêlée à une dissolution d'oxalate d'ammoniaque, ne donne un précipité d'oxalate de magnésie que long-temps après le mélange en l'abandonnant au repos; tandis qu'il se produit en quelques secondes au moyen d'une rapide agitation. A part cette circonstance d'inertie des molécules, qui s'oppose au changement, on peut admettre entre les acides et les bases, dans le cas d'une saturation réciproque complète, un état d'indifférence, ou, si on l'aime mieux, un état d'instabilité tel, que la moindre circonstance, une cohésion même très faible, peut troubler l'équilibre et déterminer l'échange.

» Et puis, en admettant que le pêle-mêle ait commencé, on pourrait concevoir encore que la séparation des nouveaux sels formés ne s'effectuât pas instantanément, et cela par la même raison encore que l'on voit de l'eau rester liquide plusieurs degrés au-dessous de zéro. C'est alors qu'il est possible de concevoir que l'action réciproque des molécules qui doivent se séparer du dissolvant détermine, accélère le phénomène; mais cette action réciproque des molécules pour se réunir en une masse liquide ou solide, je la considère toujours dans les phénomènes chimiques comme ne jouant qu'un rôle secondaire.

» Il est facile de démontrer l'échange entre les éléments de deux sels, quoiqu'il ne soit pas accompagné de la formation d'un précipité. Qu'on mêle, en effet, une dissolution de sulfate de protoxide de fer, et qu'on fasse passer dans le mélange un courant d'hydrogène sulfuré; à l'instant il se fera un précipité de sulfure de fer; ce qui suppose qu'il s'était préalablement formé de l'acétate de fer. Je sais que, dans le cas actuel, on pourra objecter que l'échange a eu lieu parce que l'acide le plus fort, l'acide sulfurique, s'est réuni à la base la plus forte, qui est ici la soude; mais l'objection ne paraîtra pas fondée, si l'on se rappelle que l'affinité réciproque des acides et des bases paraît tout-à-fait étrangère à la formation des précipités obtenus par le concours des doubles affinités. Toute autre base que la soude, la plus faible qu'on puisse choisir parmi celles qui ne sont pas précipitées par l'hydrogène sulfuré, produirait un effet semblable. Ainsi

l'acétate d'alumine, mêlé au sulfate de fer, détermine sa décomposition par l'hydrogène sulfuré.

» Le principe d'*équipollence* chimique que je viens d'admettre à l'égard des substances salines me paraît devoir s'étendre à tous les composés analogues, c'est-à-dire à tous ceux dans lesquels la somme des neutralisations sera après le mélange la même qu'avant, comme, par exemple, pour l'eau et un chlorure.

» Ici il se passe quelque chose de très remarquable. Il semblerait que, dans la combinaison réciproque de deux acides avec deux bases, il se dépense une certaine quantité d'action, soit chimique, soit électrique, qui reste constante dans l'échange.

» J'aurais voulu dire quelques mots sur la dissolution ; mais je me trouve arrêté en ce moment par la difficulté du sujet, bien plus grande qu'elle ne paraît au premier abord. Je me bornerai à remarquer que le mot de dissolution est appliqué dans des circonstances très dissemblables, et qui cependant devraient être soigneusement distinguées. Dans la dissolution proprement dite, dans celle d'un sel par l'eau, il n'y a pas de décomposition entre le dissolvant et le corps dissous ; l'effet varie en général avec la température. Au contraire, dans la dissolution par un dissolvant acide ou alcalin, il y a généralement décomposition, formation de nouveaux produits, et l'effet ne varie plus avec la température comme dans l'autre dissolution. Il faut donc déterminer dans chaque cas particulier s'il y a simplement dissolution, ou bien si elle est la conséquence de la formation de nouveaux produits, ou si enfin ces deux circonstances ne peuvent pas être réunies. Mais, pour arriver à cette détermination, quelques données, qui seront l'objet d'un autre mémoire, nous manquent encore.

» Je termine ce premier travail sans avoir, à beaucoup près, épuisé la matière qu'il embrasse; mais, comme je l'ai dit en commençant, le sujet est difficile, et je ne m'étais proposé que quelques observations. Peut-être prendront-elles plus d'intérêt en se fortifiant de celles qu'il me reste encore à présenter. En attendant, je les livre à la critique des chimistes, et je m'estimerai heureux si, au moins comme *conjectures*, elles appellent leur attention. »

M. DE CANDOLLE fait hommage à l'Académie de sa Notice sur feu M. *Pierre Prévost*, de Genève, correspondant de l'Institut de France.

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur un nouvel instrument de perspective.*

(Commissaires, MM. Savary, Puissant rapporteur.)

« Dans sa séance du 20 mai dernier, l'Académie a reçu de M. LAFFORE, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, une *Notice sur un instrument de mathématiques destiné à suppléer aux diverses machines inventées jusqu'à ce jour pour réduire les dessins, et pour rendre les vues des monuments, d'un paysage, etc.* Cette notice et un modèle d'instrument à l'appui, ont été renvoyés à l'examen d'une Commission composée de MM. Puissant et Savary, et ont donné lieu aux remarques suivantes.

» Si l'on conçoit que d'un point fixe, placé à la hauteur de l'œil de l'observateur, partent deux lignes génératrices liées entre elles, de telle sorte que l'une se mouvant dans un plan vertical elle oblige l'autre à se mouvoir de la même manière dans un plan horizontal : si l'on conçoit en outre que le premier plan, contenant une génératrice, ait la faculté de tourner sur un axe horizontal passant par le point de vue, et que le système qui rend le mouvement de l'une de ces génératrices tout-à-fait dépendant du mouvement de l'autre, n'en éprouve aucun dérangement; on aura une idée du mécanisme de l'instrument actuel, que son auteur appelle *compas lafforien,* et qui jouit nécessairement de la propriété de décrire d'un sommet commun deux surfaces coniques égales; puisqu'un porte-crayon et une petite lunette avec réticule font précisément les fonctions des deux génératrices dont il s'agit.

» Ajoutons cependant, pour compléter cette courte description, que deux petites aiguilles cylindriques respectivement perpendiculaires aux génératrices auxquelles elles sont fixées à la même distance du point de vue, sont liées l'une à l'autre avec un fil de métal très fin; mais de manière que quel que soit l'angle formé par l'axe optique de la lunette et le porte-crayon, elles restent perpendiculaires entre elles aux points où elles sont successivement en contact. C'est à la fois dans l'ingénieux assemblage de ce porte-crayon et de cette lunette, et dans le moyen fort simple de les faire agir d'accord en tous les sens que consiste l'utile invention de M. Laffore.

» Pour faire usage de cet instrument, après l'avoir solidement attaché au bout d'un poteau vertical recourbé par son extrémité supérieure et vissé par le bas à une tablette à dessiner, on tient de la main droite le porte-crayon, et on le met doucement en mouvement jusqu'à ce que, regardant par l'oculaire de la lunette, on voie l'intersection des fils du réticule coïncider avec un point donné de l'espace; puis sans déranger la direction du rayon visuel, on fait descendre la pointe du crayon sur le papier qui couvre la tablette, et l'on a dans ce cas la représentation du point observé. En opérant de la même manière pour d'autres points de l'espace, tout en ayant soin de maintenir la tablette stable, on se procure aisément la perspective exacte d'un objet quelconque, surtout si l'on a acquis l'habitude de faire manœuvrer rapidement le crayon.

» *Conclusion.* Bien que le *compas lafforien*, considéré théoriquement, puisse donner la réduction des dessins placés parallèlement au tableau perspectif et à une distance convenable de ce tableau, cependant il ne saurait, à beaucoup près, offrir les mêmes avantages et la même précision que le pantographe. Mais s'agit-il d'obtenir, par un procédé mécanique, la perspective des monuments d'architecture qui doivent occuper les premiers plans d'une vue, ou de faire l'esquisse d'un paysage dont les principaux détails soient représentés dans leurs situations respectives par rapport au spectateur; cet instrument, supposé d'une construction parfaite, ne peut alors manquer de remplir ce but avec facilité et promptitude, et c'est pour cette raison que nous croyons devoir proposer à l'Académie de remercier M. Laffore de sa communication. »

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

MM. Mathieu et Savary font un rapport sur un *Plan de l'orientation du monument de l'Etoile,* présenté par M. **Tétard.**

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à l'élection d'un correspondant pour la place devenue vacante, dans la section de Minéralogie et de Géologie, par suite du décès de M. Reboul.

La liste présentée par la Section dans le comité de la séance précédente, portait dans l'ordre suivant les noms de

MM.	W. Buckland,	à Oxford.
	A. Sedgwick,	à Cambridge.
	H. De la Bêche,	à Londres.
	C.-F. Naumann,	à Freyberg.
	R.-I. Murchison,	à Londres.
	J.-F.-L. Hausmann,	à Gœttingue.
	Greenough;	à Londres.
	d'Omalius d'Halloy,	à Namur.
	Fitton,	à Londres.

Sur la proposition de quelques Membres, les deux noms suivants avaient été ajoutés à la liste et hors de rang:

MM.	Fournet,	à Lyon.
	Lyell,	à Londres.

Le nombre des votants est de 42. Au premier tour de scrutin,

M. Buckland obtient.	36 suffrages.
M. Sedgwick.	3
M. Fournet.	2
M. d'Omalius d'Halloy.	1

M. **Buckland** ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé correspondant de l'Académie.

MÉMOIRES LUS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur une nouvelle machine à feu à rotation immédiate, etc.; par* M. **Galy-Cazalat**.

(Commission précédemment nommée.)

« La machine que je soumets à l'Académie, dit M. Galy-Cazalat, n'a aucun des organes nécessaires au mécanisme des machines actuellement en usage, et sa simplicité me paraît offrir le double avantage de conserver au moteur presque toute sa puissance, et de faire disparaître en très grande partie les causes de dérangements. Partant de cette considération que le déchet principal dans les machines à vapeur tient à la déperdition du calorique qui est développé dans le foyer, et qu'on fait passer à travers les parois de la chaudière pour vaporiser l'eau, j'ai eu l'idée d'employer

immédiatement le pouvoir de la flamme ou des produits gazeux provenant de la combustion. Mes calculs basés sur la supposition que l'accroissement du volume gazeux est uniforme jusqu'à 800 degrés, m'ont conduit à cette conclusion : que le calorique développé par un kilogramme de coke brûlant dans le foyer d'une chaudière à vapeur, donne à la flamme concentrée dans le foyer trois fois plus de pouvoir que n'en possède la vapeur correspondante; en sorte que les machines actuelles qui n'utilisent que les deux tiers de la puissance de la vapeur, n'utiliseraient que $\frac{2}{9}$ du pouvoir de la flamme. En admettant donc un tiers de perte dans mon appareil dont la flamme est le moteur, on obtiendrait encore trois fois plus d'effet utile que dans les machines actuelles. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la structure intime des écailles des poissons et des reptiles; par* M. **Mandl**.

(Commissaires, MM. Flourens, Audouin, Milne Edwards)

« Les écailles, dit M. Mandl, se composent d'une couche supérieure et d'une couche inférieure. La couche supérieure est composée :

» *a*) De *canaux longitudinaux* partant, sous forme de lignes longitudinales, d'un foyer qui n'est pas toujours le centre de l'écaille;

» *b*) De *lignes cellulaires*, c'est-à-dire de lignes dans lesquelles on a cru voir les bords des couches d'accroissements successifs, mais qui, d'après mes observations, ne sont autre chose que des lignes produites par la réunion ou fusion de cellules (granules creuses ou remplies);

» *c*) De *corpuscules jaunes* analogues aux corpuscules des os et des cartilages, contenant comme ceux-ci des sels;

» *d*) D'un *foyer*, occupé par des lignes cellulaires interrompues, des cellules imparfaites, des corpuscules, etc. Le foyer paraît être le premier rudiment de l'écaille;

» *e*) Des *dents* de l'écaille, qui n'existent que sur le bord terminal chez les Acanthoptérygiens, et manquent chez les Malacoptérygiens.

» *f*) La lame inférieure se compose de *lamelles fibreuses*, dont les moyennes sont les plus courtes, les extérieures les plus longues. Ce sont des couches fibreuses dont on peut, par le déchirement, isoler les éléments qui, dans les écailles dures, apparaissent souvent à travers la couche supérieure. »

L'auteur conclut de ses observations que les écailles ne peuvent pas être considérées comme de simples produits de sécrétion, mais que l'on doit y reconnaître une véritable organisation.

Dans une dernière partie de son Mémoire, M. Mandl considère les écailles comme caractères servant à la classification, ainsi que l'avait déjà fait M. Agassiz. D'ailleurs cet ichtyologiste aurait, suivant M. Mandl, regardé comme pareilles des écailles qui réellement différeraient beaucoup entre elles.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Recherches analytiques sur le problème des réfractions astronomiques; par* M. **Ritter.**

(Commissaires, MM. Savary, Sturm, Liouville.)

CHIRURGIE. — *Considérations sur les luxations congénitales et les luxations consécutives de l'articulation coxo-fémorale;* par M. **Milliet.**

(Commissaires, MM. Magendie, Double, Breschet.)

M. Milliet suit, pour la réduction de ces deux sortes de luxation, la même marche que pour celle des luxations accidentelles et récentes, avec cette seule différence qu'il remplace la puissance du bras des aides par une force mécanique dont l'action peut être graduée à volonté et maintenue constante au degré jugé nécessaire.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Considérations sur les vices de conformation du corps humain; par* le même.

(Commission nommée pour le précédent Mémoire.)

M. **Valat** adresse une Note sur deux nouveaux cas d'application de son *appareil de sauvetage pour les mineurs blessés.*

(Renvoi à la Commission du concours concernant les arts insalubres.)

L'Académie reçoit un nouveau supplément à un Mémoire écrit en anglais et adressé pour le concours au prix concernant le *Mécanisme de la voix chez l'homme et chez les mammifères.* Deux premiers suppléments avaient été déjà présentés, l'un à la séance du 17 juin, et l'autre à celle du 1er avril; mais le Mémoire lui-même, comprenant les 113 premières pages, n'est jamais parvenu à l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Flourens** annonce qu'il a reçu de M. *Guyon*, chirurgien en chef de l'armée d'Afrique, de nouveaux matériaux pour servir à l'histoire naturelle des races humaines qui habitent l'Algérie.

PHYSIQUE. — *Sur l'inaction du zinc amalgamé dans l'eau acidulée; par* M. **W.-R. Grove**.

« On sait que lorsque une lame du zinc du commerce est plongée dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, phosphorique ou hydro-chlorique, elle est fortement attaquée avec dégagement de beaucoup de gaz hydrogène, tandis qu'en de pareilles circonstances, une lame de zinc amalgamé ne dégage pas de gaz et n'est pas altérée. Mais si l'on fait communiquer le zinc amalgamé avec un autre métal, plongeant dans le même liquide, ce métal dégage des torrents de gaz, tandis que le zinc se dissout lentement.

» M. de la Rive a montré que le zinc pur, quand il est plongé dans de l'eau acidulée, dégage moins d'hydrogène que le zinc du commerce; il en a tiré la conclusion que le dégagement de gaz par le zinc ordinaire provient de ce qu'étant toujours allié à d'autres métaux, il en résulte une infinité de petits courants voltaïques, en vertu desquels le métal négatif de chaque couple dégage du gaz hydrogène, et le métal positif s'oxide. (*Biblioth. univ.*, 1830.) Cette explication ne s'applique pas à l'inaction du zinc amalgamé, car ainsi que le remarque M. Becquerel (dans son *Traité de l'électricité*, etc., vol. v. pag. 8) : « Pourquoi le mercure qui, dans son contact avec le zinc et l'eau acidulée, doit constituer également un couple voltaïque, ne produit-il pas un semblable effet? » Une circonstance accidentelle m'a amené à faire des expériences qui donneront, je crois, une réponse satisfaisante à cette question. Voici cette circonstance, qui, du reste, a probablement été observée par plusieurs physiciens. En décomposant, au moyen de la pile voltaïque, l'eau acidulée, j'avais laissé par hasard quelques globules de mercure au fond du vase qui renfermait les électrodes de *platine;* je remarquai que lorsque l'électrode négative touchait le mercure, elle était toujours amalgamée; j'attribuai d'abord cet effet à la réduction d'une légère couche d'oxide de mercure par l'hydrogène naissant; mais en touchant l'électrode négative ainsi amalgamée avec l'électrode positive, cette dernière fut aussi amalgamée; enfin, je trouvai que le mercure, qui avait fonctionné dans l'eau acidulée comme électrode négative d'un appareil voltaïque, jouissait de la propriété d'a-

malgamer le platine et le fer, et que les lames de platine, de fer et même d'acier, qui avaient servi d'électrodes négatives, pouvaient s'amalgamer avec le mercure pur par simple contact. — Après plusieurs expériences, je reconnus que cet effet était dû à la réduction du métal d'un alcali, et en me rappelant l'état éminemment électro-positif du mercure, qui contient des traces très légères de potassium, de sodium, etc. (fait observé par sir H. Davy), il me vint à la pensée que l'inaction du zinc amalgamé était l'effet d'une polarisation, laquelle différait des autres cas de polarisation, en ce que l'élément transporté, au lieu d'être précipité sur le métal négatif, entre en combinaison avec lui, et rend ainsi ce métal tellement positif que le courant est anéanti, tandis que dans les autres cas il est seulement diminué d'intensité. Pour vérifier cette conjecture, je fis les expériences suivantes :

» 1°. J'amalgamai à moitié une lame de cuivre et je la plongeai avec une lame de zinc amalgamé dans de l'eau contenant $\frac{1}{7}$ d'acide sulfurique ou phosphorique; quand le contact fut établi, il se dégagea des torrents de gaz sur la partie non amalgamée du cuivre, tandis qu'il n'y avait seulement que quelques bulles isolées sur la partie amalgamée.

» 2°. Je mis un gros globule de mercure dans un vase d'eau acidulée, je le fis communiquer avec un galvanomètre au moyen d'un fil de cuivre amalgamé sur toute sa surface; dans le même vase, je plongeai une lame de zinc amalgamé; au moment où celle-ci communiquait avec l'autre extrémité du multiplicateur, il se produisit un courant énergique; l'intensité de ce courant diminua immédiatement, et au bout de quelques minutes, l'aiguille était revenue à zéro; il ne se dégageait presque pas de gaz, mais pour peu qu'il s'en dégageât, il en paraissait autant sur le zinc que sur le mercure.

» 3°. Ayant substitué au globule de mercure une lame de platine bien amalgamé, lorsque la communication était établie pendant quelques minutes le courant devenait nul, ou au moins excessivement faible, et si alors on remplaçait le zinc par une lame de platine non amalgamé, cette dernière dégageait des torrents de gaz hydrogène, et l'aiguille accusait un fort courant en sens inverse du premier.

» 4°. Les choses étant disposées comme dans la deuxième expérience, je substituai à l'eau acidulée une solution du sulfate de cuivre : le courant fut énergique et constant, et le mercure s'amalgama avec le cuivre réduit.

» Par ces expériences on voit que, quoique le mercure pur n'agisse pas comme métal positif, il ne peut cependant, dans plusieurs circonstances, constituer l'élément négatif d'un couple voltaïque, à cause de sa faculté

de se combiner avec les éléments positifs des électrolytes, qui le rendent positif au même degré que le métal avec lequel il est accouplé; mais si, comme dans la quatrième expérience, l'élément électro-positif de l'électrolyte est d'une telle nature qu'en se combinant avec le mercure, il ne le rende pas fortement positif, alors le courant n'est pas arrêté. L'application de ces résultats au zinc amalgamé est évidente; tous les petits éléments négatifs étant amalgamés, sont rendus positifs au même degré que du zinc; il faut donc la présence d'un autre métal pour compléter le circuit. Le fait que le zinc amalgamé est positif par rapport au zinc ordinaire, et qu'il précipite le cuivre d'une solution de sulfate de cuivre, ainsi que plusieurs autres anomalies, sont expliqués par ces expériences.

» Dans les cas ordinaires, cette polarisation du mercure sous l'influence d'un courant est un phénomène composé, puisque il y a de l'hydrogène, du zinc, et des bases alcalines (1) qui sont transmises au métal négatif; j'étais curieux de voir si l'hydrogène seul pouvait se combiner en petite quantité avec le mercure, de manière à lui donner ces mêmes propriétés.

» Sir H. Davy, avec des appareils extrêmement coûteux et perfectionnés n'a guère réussi à priver l'eau des matières alcalines qu'elle renferme; je pensai qu'en me servant de l'affinité des bases pour le mercure, je pourrais arriver à la purifier. Pour atteindre ce but, je soumis à l'électrolysation pendant cinq jours, dans un vase de cire, de l'eau distillée, acidulée par l'acide sulfurique pur; l'électrode négative, en cuivre amalgamé, plongeait dans une once de mercure; au bout de ce temps, je substituai à ce mercure une nouvelle portion du même métal, et après deux heures de l'électrolysation je le renfermai dans un tube avec de l'eau ainsi purifiée; le mercure dégageait une petite quantité d'hydrogène, mais quoiqu'il fût impossible de reconnaître par les réactifs ordinaires la présence d'un alcali, on put soupçonner qu'il y en avait assez pour produire cet effet par sa réaction sur l'eau; toutes les expériences de ce genre étant sujettes à la même objection, je cherchai d'autres moyens de déterminer quel rôle jouait l'hydrogène; je répétai, par exemple, la deuxième expérience, en tenant échauffé au-dessous du point d'ébullition le vase qui contenait le zinc et le mercure; le galvanomètre éprouvait une déviation de 60° et le courant fut assez constant. Je mis une lame de platine dans une cloche d'hydrogène

(1) L'anéantissement du courant est plus complet avec les acides sulfurique ou phosphorique qu'avec l'acide hydro-chlorique : il est possible que le soufre ou le phosphore aide à l'effet.

et je la plongeai ensuite dans le mercure; quand le platine ou le mercure était mouillé, il se montrait une tendance à l'amalgamation, mais jamais quand ils étaient parfaitement secs. J'ai fait plusieurs autres expériences que je ne rapporterai pas ici, dans la crainte d'être trop long; l'ensemble m'a porté à croire que le mercure, sous l'influence d'un courant voltaïque, peut absorber une petite quantité d'hydrogène qu'il dégage aussitôt que la communication est rompue. Cette combinaison temporaire de l'hydrogène avec le mercure jette quelque jour sur la rotation du mercure soumis à un courant voltaïque; les particules hydrurées du mercure sont repoussées jusqu'à ce qu'elles soient hors du courant, où elles dégagent leur hydrogène et ainsi de suite. Dans l'électrolysation avec une masse de mercure comme électrode négative, on voit que tout l'hydrogène est dégagé du côté le plus éloigné de l'électrode positive.

» Afin de voir si la propriété de se polariser ainsi complétement, était propre au mercure ou commune à tous les métaux en état de fusion, j'ai fait passer dans le fil d'un multiplicateur, dans des directions inverses, deux courants, l'un provenant d'un couple zinc et alliage de D'Arcet en fusion, l'autre d'un couple zinc et mercure échauffé à la même température; le courant provenant du premier couple était beaucoup plus puissant et tenait l'aiguille constamment à 85°. Je n'ai pas pu répéter l'expérience avec d'autres métaux à cause de l'impossibilité de les fondre sans volatiliser les liquides. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le degré d'exactitude des indications fournies par le frein dynamométrique; par* M. **Viollet.**

L'auteur communique les résultats des recherches auxquelles il s'est livré, dans le but de déterminer la limite des erreurs que l'on peut commettre dans la mesure de la puissance des machines, au moyen du frein de M. de Prony.

Les conclusions auxquelles il est arrivé sont que « lorsqu'on emploie l'appareil de M. de Prony dans toute sa simplicité primitive, et que l'on parvient seulement à maintenir les oscillations, dans des limites telles que leur amplitude totale n'excède pas 27° 12′, ou, ce qui revient au même, que la projection de l'arc total de l'amplitude sur la verticale, n'excède pas $0^{m},470$ pour un bras de levier de 1^{m}, ou de $0^{m},940$, pour un bras de levier de deux mètres (1); *le maximum de l'erreur possible*

(1) Ces nombres répondent au cas où la vitesse varie dans les limites admises pour les machines à vapeur, dont les volants ont la moindre influence régulatrice.

n'est pas supérieur à un centième et demi du travail total. Or, ajoute-t-il, l'amplitude que nous venons de supposer pour les oscillations, est exagérée, et l'on parvient, même dans des expériences faites sans grand soin, à maintenir ces oscillations dans des limites beaucoup plus resserrées. Alors aussi le maximum de l'erreur possible est beaucoup moindre.

» L'emploi du frein de M. de Prony présente donc toutes les garanties possibles d'exactitude, et tout ce que l'on peut encore désirer, c'est que l'usage en devienne général dans les transactions industrielles. »

ORTHOPÉDIE. — *Section des muscles dans le traitement des déviations latérales de l'épine ; par* M. J. GUÉRIN.

L'auteur annonce avoir déjà pratiqué douze fois avec succès, chez des sujets atteints de déviations latérales de l'épine, une opération qui consiste dans la section de certains muscles du dos et de la colonne vertébrale, opération qui fera le sujet d'un Mémoire qu'il présentera prochainement.

Les muscles que M. Guérin a divisés jusqu'ici sont : le *trapèze*, le *rhomboïde*, l'*angulaire de l'omoplate*, le *sacro-lombaire*, le *long dorsal* et les *transversaires épineux*.

« J'ai établi depuis long-temps, dit-il, que le plus grand nombre des difformités articulaires sont le résultat de la rétraction musculaire convulsive, dépendant d'une affection du cerveau, de la moelle ou des nerfs eux-mêmes qui se distribuent aux muscles. Cette doctrine devait me conduire naturellement, pour le diagnostic et le traitement de ces difformités aux deux résultats suivants, savoir :

» 1°. Que les formes diverses que chacune de leurs variétés est susceptible de revêtir, sont le produit de la rétraction différemment distribuée dans tels ou tels muscles ;

» 2°. Que le traitement actif de chacune d'elles doit consister dans la section des tendons ou des muscles à la rétraction desquels leurs formes spéciales sont subordonnées.

» Mais pour réaliser ce double résultat, il fallait d'une part préciser rigoureusement quels sont, pour chaque difformité et pour chacun des éléments de déformation qui les constituent, les muscles dont le raccourcissement actif produit ces déformations ; de l'autre, il fallait obtenir par la section de ces mêmes muscles la disparition des formes anormales du squelette, et confirmer par cette expérience la justesse de la théorie et la validité de la pratique. Or, ce double résultat, je l'avais déjà obtenu

à l'égard du torticolis ancien et des différentes variétés du pied-bot congénital, dont j'ai fixé sur cette base la détermination anatomique et le traitement chirurgical. Comme conséquence de ces travaux, j'ai étendu la même doctrine à la détermination anatomique des différentes variétés de la déviation latérale de l'épine et à leur traitement chirurgical, et je suis parvenu à démontrer par l'expérience les deux propositions suivantes :

» 1°. Le plus grand nombre des déviations latérales de l'épine sont le produit de la rétraction musculaire active, et leurs variétés anatomiques, l'expression de cette rétraction différemment distribuée dans les muscles de l'épine et du dos.

» 2°. Le traitement actif de cet ordre de difformités doit consister dans la section des muscles au raccourcissement desquels elles sont dues.

» Voici maintenant quelques détails sur les applications que j'ai faites de cette nouvelle méthode de traitement.

» Je l'ai appliquée à des sujets des deux sexes et d'âges différents; le plus jeune avait treize ans, le plus âgé vingt-deux. Toutes les déviations étaient au deuxième et troisième degré, avec torsion de la colonne et gibbosité proportionnées. Chez quelques-uns une seule section des muscles rétractés a suffi, chez d'autres j'ai dû en faire deux ou trois; chez tous j'ai obtenu immédiatement après l'opération un degré marqué de redressement de la colonne; et chez un jeune homme de vingt-un ans, dont la déviation était soumise depuis dix-huit mois à un traitement mécanique, j'ai obtenu, par la section du long dorsal et des transversaires épineux correspondants, un redressement immédiat de toute la déviation. Chez les autres sujets, j'ai pu poursuivre avec un succès constant le traitement par les appareils mécaniques. Dans aucune des douze opérations que j'ai faites, je n'ai pas eu le plus petit accident : point d'hémorrhagie, peu de douleur, point de fièvre; et chez tous les sujets, à l'exception d'un seul, réunion immédiate des plaies sans suppuration. J'ajouterai que, quoique délicate, cette opération se fait presque aussi facilement qu'au col et au pied, et par des procédés analogues. »

M. Guibert propose l'emploi de l'*asphalte* dans la construction des *silos* destinés à la conservation des grains. Il avoue d'ailleurs n'avoir fait aucune expérience à l'effet de constater les avantages du procédé qu'il recommande.

La séance est levée à cinq heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1839, n° 24, in-4°.

Annales des Mines; 3e série, tome 15, 1re liv. de 1839, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; tome 24, 129e liv., mai 1839, in-8°.

Histoire naturelle et Iconographie des Insectes coléoptères; par MM. Castelnau et Gory; 29e et 30e liv., in-8°.

Histoire naturelle des îles Canaries; par MM. Webb et Berthelot; 40e liv., in-4°.

Voyage dans l'Amérique méridionale; par M. d'Orbigny; 39e liv., in-4°.

Galerie ornithologique d'Oiseaux d'Europe; par le même; 44e et 45e liv., in-4°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; par M. A. Demidoff, 12e liv. in-8°.

Mémoires de l'Académie royale de Metz; année 1837—1838, in-8°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du départ. de l'Aube; nos 67 et 68, in-8°.

Bulletin de la Société industrielle d'Angers et du département de Maine-et-Loire; 10e année, nos 1 et 2; in-8°.

Bulletin publié par la Société industrielle de Saint-Étienne; 16e vol., liv. 2, 3 et 4, in-8°.

Essai sur les Roches; par M. A. Rivière, in-8°.

Extrait de la Biographie des Hommes du jour; par MM. G. Sarrut et B. Saint-Edme (Giraudeau de Saint-Gervais, Jean); in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; par M. Cherbuliez; 6e année, n° 6, in-8°.

Notice sur M. Pierre Prévost; par M. de Candolle (extrait de la *Bibliothèque universelle de Genève,* avril 1839); in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; avril 1839, n° 40, in-8°.

Principes fondamentaux du Cathétérisme; par M. Mayor; in-8°. (Extrait de la *Gazette médicale de Paris.*)

The Zoology.... *Zoologie du Voyage du Beagle (capitaine Fitzroy);* 1re partie (Mammifères fossiles); par M. Owen; nos 2 et 3, in-4°, *Londres,* 1839.

Contributions.... *Recherches sur l'Électricité et le Magnétisme; par* M. J. Henry. (Extrait du 6e vol. des *Transactions philosophiques de la Société américaine.*) In-4°, 1839; Philadelphie.

Proceedings... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres;* n° 38, 11 avril—16 mai 1839, in-8°.

Annalen.... *Annales de l'Observatoire de Vienne;* 18e vol., in-fol.; Vienne, 1838.

Di una nuova.... *D'un nouveau Lézard qui se trouve en France; par* M. Ch. Bonaparte, prince de Musignano; Rome, 1839; 1 feuille d'impression, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 7, n° 25, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; 2e série, tome 1er, nos 72—74, in-fol.

Gazette des Médecins praticiens; n° 17, 1re année.

La France industrielle; 6e année, n° 12.

L'Expérience, journal de Médecine et de Chirurgie; n° 103, in-8°.

L'Esculape, journal; 1re année, 1839, n° 3.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; mai 1839, in-8.

Histoire philosophique des progrès de la Zoologie générale, principalement depuis Buffon jusqu'à nos jours; par M. Meunier (prospectus), in-8° (présenté par M. Geoffroy Saint-Hilaire).

Erratum. (Séance du 17 juin.)

Page 597, ligne 4, *Établissement d'un anus artificiel en ouvrant le colon lombaire gauche,* etc., *par* M. Amussat, *ajoutez* (Commissaires, MM. Magendie, Breschet.)

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER—JUIN 1839.

TABLE DES MATIÈRES.

A

B

D

E

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W



Supplément à l'Errata pour le Tome VII.

Page 1140, ligne 23, grossissant environ 50 fois, *lisez* 500 fois
1157, 17 en remontant, à la ration d'avoine, *lisez* à la ration d'entretien

---

Errata pour le Tome VIII.

Page 34, ligne , Commission nommée pour le Mémoire de M. Longchamp, *lisez* pour les précédents Mémoires de M. Selligue
362, 17 et suivantes. D'après la propre déclaration de M. Talbot, ses premiers essais ne remontent qu'à 1835, *lisez* qu'à 1834.
560, 13 $U = \sin \tau \cos \tau$, *lisez* $U = \sin \tau \operatorname{tang} \tau$,
670, 9, $\int_{v_1}^{v_0}$ *lisez* $\int_{v_0}^{v_1}$
Ibid., 8, en remontant, $e^{\upsilon(v - \omega - t\rho)\sqrt{-1}}$ *lisez* $e^{\upsilon(v - \omega t - \rho)\sqrt{-1}}$
680, 3, Boussel, *lisez* Roussel
881, 13, Bonnaud, *lisez* Bonnand
982, 6, cette chaleur totale est absorbée, *lisez* une partie de cette chaleur totale est absorbée